nature
الطبعة العربية
الدورية الشهرية العالمية للعلوم



فَلْيَقِفِ الجميع معًا

محادثات المناخ في باريس تُحْيي الآمال في عَقْد اتفاقية عالمية جديدة صفحة 29

كيمياء حيوية

كَشْف.. طال انتظاره

بروتين معقَّد يفسِّر كيفية شعور الكائنات بالجاذبية المغناطيسية.

صفحة 19

كريسبر

طريق في الأدغال

نقاط رئيسة تُؤخذ في الاعتبار بشأن تحرير الجينوم البشري.

صفحة 44

تقنيات التصوير الطبي

بُعْد إضافي لتحليل العظام

تحليل أنسجة العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد.

صفحة 58

ARABICEDITION.NATURE.COM

يناير 2016 / السنة الرابعة / العدد 40

ISSN 977-2314-55003

nature

يناير 2016 / السنة الرابعة / العدد 40

تُنشَر مجلة "نِيتْشَر" ـ وترقيمها الدولي هو (5587-2314) ـ مِن قِبَل مجموعة نِيتْشَر للنشر (NPG)، التي تعتبَر قِسمًا من ماكميلان للنشر المحدودة، التي تأسَّست وفقًا لقوانين إنجلترا، وويلز (تحت رقم 00785998). ومكتب ويلز المسَجَّل يقع في طريق برونيل، هاوندميلز، باسينجستوك، إتش إيه إن تي إس، آر جي 21 6 إكس إس. وهي مُسَجَّلَة كصحيفة في مكتب البريد البريطاني. أمّا بخصوص الطلبات والاشتراكات، فيُرجَى الاتصال بمكتب دبي. وفيما يتعلق بمَنْح التفويض لعمل نُسخ مصوَّرَة للاستخدام الداخلي أو الشخصي، أو الاستخدام الداخلي أو الشخصي لعملاء محَدَّدين، فهذا الأمر يتعلق بموافقة "نِيتْشَر" للمكتبات، والكيانات الأخرى المسَجَّلَة من خلال مركز إجازة حقوق الطبع والنشر، ومقرّه في 222 روز وود درايف، دانفيرز، ماساشوسيتس 01923، الولايات المتحدة الأمريكية. والرقم الكودي لـ"نِيتْشَر" هو: 03/0836-0028، باتفاقية النشر رقم: 40032744. وتُنشَر الطبعة العربية من مجلة "نِيتْشَر" شهريًّا. والعلامة التجارية المُسَجَّلَة هي (ماكميلان للنشر المحدودة)، 2016. وجميع الحقوق محفوظة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على العلوم في شهر

في هذا العدد الأربعين من دورية *Nature* الطبعة العربية، نقدم وجبة دسمة من الموضوعات في أقسام المجلة المختلفة، ننتقي منها هذه الإطلالة السريعة على بعض ما نقدمه حول مسيرة العلوم:

ففي قسم «أخبار في دائرة الضوء»، نتعرف على مُركَّب بروتيني معقَّد، يقدم تفسيرًا للكيفية التي تشعر بها الحيوانات بالجاذبية المغناطيسية للأرض. كما نتعرف على البعثة الاستكشافية للمحيط الهندي، التي تستأنف مهمة الحفر في قشرة كوكب الأرض، ونعرف أن تقنية التحرير الجيني تصل إلى مرحلة التجارب الإكلينيكية، حيث تستعد الشركات الآن لاختبار عددٍ من العلاجات الجديدة على البشر.

وفي القسم نفسه نتعرف على مستقبَل الكواكب خارج المجموعة الشمسية في العشرين سنة المقبلة، وذلك بعد أن عثر الباحثون على ما يقرب من 2,000 عالم خارج نظامنا الشمسي، آملين في فهمها. وفي القسم نفسه نتعرف على صندوق المناخ الأخضر، الذي يواجه عاصفة من الانتقادات، حيث إن الدفعة الأولى من مشروعات المساعدات أثارت المخاوف بشأن إدارة الأموال المخصصة للدول النامية. وفي مجال المراصد الفلكية نعرف أن رحيل رئيس «أريسيبو»، بعد فترة طويلة قضاها كممثل للمرصد، يزيد من مأساة التليسكوب اللاسلكي، الذي يمر بأزمة مالية.

أمّا في قسم «أنباء وآراء»، فنقدم في مجال علوم الأرض مقالًا بعنوان: «الارتباط القاتل»، يتناول أدلة جديدة تشير إلى أن الموجات الزلزالية الناتجة عن تصادم نيزك تشكسولوب أدَّت إلى مضاعفة معدل اندلاع الحِمَم البركانية على الجانب الآخر من الكوكب، وهو ارتباط أدَّى إلى انقراض جماعي للديناصورات في نهاية العصر الطباشيري.

وفي القسم نفسه نقدم في مجال السرطان مقالًا بعنوان: «عَدُوّ عَدُوِّي صديقي»، يشير فيه كاتباه إلى أن أنواع الأكسجين التفاعلي تُعتبر من الجزيئات المسبِّبة للإجهاد، والمحفِّزة لنشوء مرض السرطان.. لكنّ أدلة جديدة تُشير إلى أن هذا الإجهاد التأكسدي قد يمنع انتشار السرطان في أماكن أخرى. وفي المجال نفسه نقدم مقالًا بعنوان، «حويصلات تمهِّد الطريق لانتقال خلايا السرطان»، يشير فيه كاتبه إلى أن هناك تحليلًا يكشف أن الخلايا السرطانية تقوم عن بُعد بتهيئة مواقع بعيدة في أعضاء معيَّنة لاستقبال الورم النقيلي، وذلك عن طريق نشر حويصلات خارج الخلايا، تستهدف عضوًا بعينه.

وفي مجال تقنيات التصوير الطبي لدينا مقالان، أحدهما بعنوان: «بُعد إضافي يُتاح لتحليل العظام»، ويشير إلى أن الجَمْع بين تقنيّتين - وهما التصوير المقطعي الحاسوبي، والتصوير بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة - بالإضافة إلى وجود قدرة حاسوبية كبيرة، جعل من الممكن تحليل أنسجة العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد على مقاييس متعددة. أما المقال الثاني، وعنوانه: «موجات فوق صوتية فائقة الدقة»، فيشير إلى أنه من خلال حقن الأوعية الدموية بفقاعات مجهرية مملوءة بالغاز، وباستخدام تصوير سريع بالموجات فوق الصوتية لتحديد مواقع الفقاعات، تَمَكَّن باحثون من تصوير منظومة كاملة من الأوعية الدموية في دماغ جرذ بدقة فائقة.

وفي مجال البحوث المرتبطة بالعمى، وتحت عنوان: «اغتيال جزيئي لحاسة البصر»، يشير المقال إلى أن هناك تسلسلًا جزيئيًّا، يتضمن عامل النَّسْخ SIX6، والجين الذي يستهدفه *p16INK4a*.. يؤدي إلى موت الخلايا العصبية التي تربط العين بالمخ، ما يُعَمِّق فهْمنا لمرض الزّرق «الجلوكوما»، وهو أحد أشكال العمى الشائعة.

وخلال نظرة إلى الماضي حول العاثيات، يقدم أحد مقالات القسم الدروس المستفادة طوال قرن من البحوث.. فبعد مضي مئة عام على ظهور أول وَصْف للفيروسات التي تصيب الخلايا البكتيرية، تستحق تلك العاثيات أن يُحتفى بها لِمَا قدَّمته، ولا زالت تقدمه، من إسهامات في مجالات علم الأحياء، والتقنية الحيوية، والصحة.

وختامًا، ففي مجال علم البيئة، وتحت عنوان: «قابلية النظام البيئي للتأثر السالب باحترار المحيط»، يقدم المقال نتائج، كَشَفَها تحليل نطاق درجات الحرارة، الذي تحتلّه الأنواع البحرية، ويتبين منه أن قابلية المجتمعات البيئية للتأثر سلبيًّا بالاحترار العالمي قد تعتمد على فسيولوجيا الكائنات الحية بدرجة تزيد على اعتمادها على مقدار التغير.

رئيس التحرير
مجدى سعيد


nature publishing group
npg

المحتويات

يناير 2016 / السنة الرابعة / العدد 40

هــذا الشــهــر

افتتاحيات

7 مؤتمر المناخ
المستقبل يبدأ من باريس
سبل التعاون من أجل اتفاقية قوية في مؤتمر المناخ بباريس، والوفاء بالتزاماتها لخفض الانبعاثات.

8 سياسات
قيمة الجامعات
تتضمن مقترحات التعليم العالي في بريطانيا بعض النقاط الإيجابية في ظل الأزمة المالية.



رؤية كونية

11 **يجب على الصين العمل بحسم؛ لاقتلاع تجارة العاج من جذورها**
يؤدي الاحتفاظ بمخزون كبير من العاج الشرعي الخام في الصين إلى إعاقة تنفيذها لوعودها بإنقاذ الأفيال، حسب قول لي زانج.

أضواء على البحوث

12 مختارات من الأدبيات العلمية
مضادات حيوية تزيد الأمر سوءًا/ السيلينيوم مرتبط بالانقراض الجماعي/ موصِّل فائق رقيق جدًّا/ مواد كيميائية تعوق الميكروبات آكِلة النفط/ الخسائر البيئية للبنية التحتية الأفريقية/ أشعة ليزر تكشِف ارتعاشًا كَمِّيًّا/ الموارد المائية التي تغذيها الثلوج مهدَّدة/ جينوم يبيّن تطور أبو بريص

ثلاثون يومًا

16 موجز الأنباء
شياطين تَسْمانيا تعود إلى البرية/ البحث عن المادة المظلمة/ إنهاء التضييق على العِلْم/ بيانات حالات الانسحاب/ مراجعة الأبحاث بالمملكة المتحدة/ التنقيب في الفضاء جاهز للانطلاق

مهن علمية

84 منظمات غير هادفة إلى الربح
علماء في مهمة
القطاع غير الهادف إلى الربح يزخر بفرص للباحثين الذين يسعون وراء شغفهم.

لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية، تابع: arabicedition.nature.com/jobs

أخبـــار فى دائرة الضــوء



19 كيمياء حيوية
بروتين معقَّد يفسر كيفية شعور الحيوانات بالجاذبية المغناطيسية للأرض.

20 علم الأرض
البعثة الاستكشافية للمحيط الهندي تستأنف الحفر في قشرة الأرض.

22 الفضاء
عثر الباحثون على ما يقرب من ألفي عالِم خارج نظامنا الشمسي، ويأملون حاليًا في فهمهم.

24 التعديل الجيني
تستعد الشركات الآن لاختبار عددٍ من العلاجات الجديدة على البشر.

تحقيقات

على الغلاف

قمــــة المنــــاخ الباريسيـــــة

تَطَلَّع الكثيرون إلى قمة المناخ التي عُقدت في باريس من 30 نوفمبر حتى 11 ديسمبر 2015 بآمال كبيرة، تحفِّز الدول التي شاركت في هذه القمة ـ وعددها 190 دولة ـ لاتخاذ خطوات جادة، يمكنها أن تقلل من تسارع وتيرة تغيُّر المناخ، لكن التاريخ ـ كما يوضح الإصدار الخاص من دورية *Nature* ـ يعطينا درسًا أقل تفاؤلًا، مفاده أن جميع محاولات وضع استراتيجية عالمية للتعامل مع تغيُّر المناخ لم تشهد نجاحًا ملحوظًا.
صفحة 29

تعليقات

41 تاريخ
أينشتاين لم يكن العبقري الوحيد..
يوضح ميشيل يانسن، ويورجن رين أن الزملاء المبتدئين والأقل شهرة قد ساعدوا الفيزيائي الكبير في بلورة النظرية النسبية العامة.

44 كريسبر
طريق في الأدغال
هيئات استشارية متنوعة، ومنظمات علمية، ووكالات تمويل تتمهل بشأن تحرير الجينوم البشري. ويضع كل من ديبرا ماثيوز، وروبن لوفل بادج وزملائهما إطارًا لبعض النقاط الرئيسة؛ لأخْذها في الاعتبار.

كتب وفنون

48 علم نفس
النَّفس الجريحة
أنتوني كِنْج
إلقاء نظرة على معرَض يتناول ما تُسَبِّبه الصدمة من رعب وأمل.

49 الاستدامة
إطلاق مركبة الأرض الفضائية
آدم روم
خمسة كتب من الأعمال الكلاسيكية، التي طرحت مسألة الاستدامة لأول مرة، باعتبارها قضية عامة.

مراسلات

52 دروس من مدريد لمحادثات المناخ المقبلة/ حرائق الخث.. الانبعاثات ستتفاقم على الأرجح/ تعديل الجينات.. انتبهوا لوجهة نظر ذوي الاحتياجات الخاصة/ كارثة المناجم.. استعيدوا الموائل فورًا/ جامعات رائدة في العالم الإسلامي

تأبين

54 **ريتشارد هِك (1931 – 2015)**
فيكتور سنيكس

مستقبليات

88 **إعادة تشغيل النظام**
جيريمي سزال

COVER ILLUSTRATION BY DAVID PARKINS

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



LOOK NO FURTHER!
Looking to recruit a scientist? We'll promote your job until you fill it — lots of extras, no extra cost.*
www.naturejobs.com/looknofurther
*Terms and conditions apply. See website for details.
naturejobs.com
SPRINGER NATURE

المحتويات

يناير 2016 / السنة الرابعة / العدد 40

أبحــاث

أنباء وآراء



55 علم الأرض
الارتباط القاتل
ارتباط الموجات الزلزالية بتضاعف الحِمَم البركانية أدَّى إلى الانقراض الجماعي للديناصورات.
روبرت دونكان

56 نظرة إلى الماضي
العاثيات.. قرن من دروس مستفادة
تستحق العاثيات أن يُحتفى بها، لما تقدمه من إسهامات في مجالات علم الأحياء، والتقنية الحيوية، والصحة.
فوريست روهوير، وأنكا إم. سيجال

58 تقنيات التصوير الطبي
بُعد إضافي يتاح لتحليل العظام
الجمع بين تقنيتين يُمَكِّننا من تحليل أنسجة العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد على مقاييس متعددة.
بيتر فراتزل

61 السرطان
حويصلات تمهِّد الطريق لانتقال الخلايا
الخلايا السرطانية تقوم عن بُعد بتهيئة مواقع بعيدة لاستقبال الورم النقيلي، وذلك بنشر حويصلات خارجها.
جانوسز راك

63 العمى
اغتيال جزيئي لحاسة البصر
تسلسل جزيئي يؤدي إلى موت الخلايا العصبية التي تربط العين بالمخ في مرض الزَّرَق.
أندرو دي. هيوبرمان، ورنا إن. الدنف

64 علم البيئة
قابلية النظام البيئي للتأثر السلبي باحترار المحيط
قابلية المجتمعات البيئية للتأثر سلبيًّا بالاحترار العالمي قد تعتمد على فسيولوجيا الكائنات.
ديريك بي. تيتينسور

ملخصات الأبحاث

67 بعض **الأبحاث المنشورة في عدد 12 نوفمبر 2015**

علم الحيوان استخدام منتجات النحل قبل بداية عصر الزراعة
M Roffet-Salque *et al*

علم الأعصاب آلية تنظيم القلق والخوف
A Adhikari *et al*

أحياء خلوية النقائل البعيدة تنخفض بالإجهاد المؤكسد
E Piskounova *et al*

كيمياء حيوية تحليل اختلال معزِّز بروتين *BCL11A*
M Canver *et al*

فيزياء كمية الذرات المتعادلة تتشابك، ولكن بطريقة منفصلة
A Kaufman *et al*

70 بعض **الأبحاث المنشورة في عدد 19 نوفمبر 2015**

تقنيات حيوية تَشَكُّل جناح ذبابة الفاكهة
S Harmansa *et al*

أحياء مجهرية نَهْج جديد.. لاستهداف بكتيريا مُمْرِضة
S Lehar *et al*

تطور

الفروق اللونية بين ذكور وإناث الطيور

تُظْهِر الطيور تشكيلة مذهلة من أنماط الألوان. فالريش شديد الزرقة لذكور هاينان الزرقاء صائدة الذباب *Cyornis hainanus* أكثر زرقة بشكل كبير من ريش الإناث.
صفحة 71



علم الأورام اختيار موقع النقائل يشمل إكسوسومات الورم
A Hoshino *et al*

كيمياء حيوية توليف الهيدرازين الحيوي
A Dietl *et al*

فيزياء مضادات البروتون في ذَرّات الذهب
L Adamczyk *et al*

73 بعض **الأبحاث المنشورة في عدد 26 نوفمبر 2015**

علم الحيوان ديدان البلوط، وأقاربها
O Simakov *et al*

علم الدم تمييز البيئة الملائمة لخلايا الطحال المكوِّنة للدم
C Inra *et al*

علم الخلية انتقال غير مكلِّف للخلايا الظهارية في النقائل
K Fischer *et al*

أحياء جزيئية تحفيز عملية تَشَكُّل البروكسيد الداخلي
W Yan *et al*

فيزياء نوع رابع جديد من الفرميونات
A Soluyanov *et al*

76 بعض **الأبحاث المنشورة في عدد 3 ديسمبر 2015**

علم البيئة إدارة استخدام النيتروجين الزراعي
X Zhang *et al*

أحياء أهمية التنوع الحيوي في التربة
D Wall *et al*

فيزياء السيطرة على التشابك
R Islam *et al*

علم الأورام مقارنة منهجية لخطوط خلايا السرطان
L Garraway *et al*

علم المناخ الأنظمة البيئية البحرية على الحافة
R Stuart-Smith *et al*

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هــــذا الشـــهـــر

افتتاحيات

رؤية كونية مشاركة أعضاء هيئة التدريس والطلاب بآرائهم يقوّي المؤسسات التعليمية، ويرشد إداراتها **ص. 10**

سلوك الحيوان السمكة الإبريّة تقفز من البحر، وتغوص مجددًا؛ لمهاجمة فرائسها من السَّمَك الصغير **ص. 13**

علم البيئة خَلَّص العلماءُ نوعًا من الضفادع البرية من مرض فطري فتّاك، يهدِّد البرمائيات **ص. 14**

المستـــقبـــل يبـــدأ من بـــاريـــــس

كان يجب على الزعماء التعاون من أجل عقد اتفاقية قوية في مؤتمر الأمم المتحدة للمناخ. ويستتبع ذلك بالضرورة أن يعمل كل منهم في وطنه؛ للوفاء بالتزاماته، ولإيجاد سبل جديدة لخفض الانبعاثات. بتطبيق ما التزموا به والبحث عن طرق جديدة للحد من الانبعاثات

خَلَّفَ زعماء العالم وراءهم فوضى كبرى بعد ظهور قصير لهم في القمة العالمية قبل الأخيرة، المعنيّة بالمناخ. كانت مفاوضات كوبنهاجن لعام 2009 قد تحولت إلى مشاجرة عامة، على الرغم من الاتفاق على فكرة أساسية واحدة، ألا وهي: أن على كل الدول، سواء الغنية، أم الفقيرة منها، المضي قدمًا في تطوير حلول المناخ الخاصة بها. وقد ثبتت هذه الفكرة، وظلّت في جوهر المفاوضات التي جرت في المؤتمر المناخي الأممي في باريس، حيث حاولت البلدان المشارِكة أن تصوغ أوّل اتفاقية دولية متكاملة معنية بالمناخ. وتقدِّم دورية *Nature* مجموعة من الأخبار والتعليقات (انظر: nature.com/parisclimate)؛ لمناقشة ما يتعلق بهذا المؤتمر، الذي يُرجى أن يمثل الخطوة الأكبر ـ حتى الآن ـ في اتجاه التحكم في انبعاثات الغازات الدفيئة على مستوى العالم.

يجب ألّا يُفسَّر هذا التفاؤل بأن الأمور كلها على ما يُرام، فلقد سُجِّل العام قبل الماضي على أنه العام الأكثر احترارًا على الإطلاق، وسار العام الماضي على خطاه، بارتفاع في درجة الحرارة، بلغ متوسِّطه ـ حسب التقديرات ـ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية. وتُسجَّل بالفعل حاليًّا مجموعة كبيرة من الآثار المترتبة على ذلك على مستوى العالم، تشمل ذوبان الجليد، وانخفاض إنتاجية المحاصيل، وتغيُّر مسارات هجرة الحيوانات. وحتى الآن، وعلى الرغم من النقاشات اليائسة التي دارت حول هذا الموضوع على مدار ربع قرن، ما زالت انبعاثات الغازات الدفيئة مستمرة.

نحن نعلم أن ما خلُص إليه مؤتمر باريس لن يحل الأزمة. وحتى لو واصلت البلدان العمل ونفّذت تعهداتها بشأن المناخ، من المتوقع أن تستمر الانبعاثات العالمية في الارتفاع حتى عام 2030 على الأقل، ويمكن أن تصل درجات الحرارة إلى 2 درجة مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية بحلول 2032. وقد وضعت الأمم المتحدة هدفًا للحدّ من أي ارتفاع في درجات الحرارة فوق 2 درجة مئوية، ولكن حتى هذا الارتفاع لن يحمي الشعوب المُعَرَّضة للخطر من تهديدات ارتفاع المَدّ، وسوء الأحوال الجوية، وتغيُّر أنماط هطْل الأمطار.

فيض من التعهدات

رغم ذلك.. هناك أسباب تدعونا للتفاؤل، أهمها أن الغالبية العظمى من البلدان المسؤولة عن حوالي 91% من الانبعاثات على مستوى العالم قطعت على أنفسها تعهدات مناخية، وأعلنت بلدان كثيرة ـ بما في ذلك الدول المتقدمة ـ عن التزامات للحدّ من انبعاثات الغازات الدفيئة. وعلى صعيد آخر.. تركِّز مجموعة كبيرة من الدول النامية على التنمية المستدامة، والتكيف مع الآثار المترتبة على ارتفاع درجات الحرارة. وعلى الرغم من الأموال والدعم التقني، ستستمر الانبعاثات في الزيادة في هذه البلدان، حيث تهدف الحكومات إلى انتشال شعوبها من الفقر.

خلاصة القول هي أن تعهدات العالَم لا تكفي، لكن الجديد هو أن الحكومات تسير معًا قدمًا للمرة الأولى، حتى إن ديفيد فيكتور، وجيمس ليب يسمِّيان هذه الخطوة بالخطوة الأولى، وذلك في تعليقهما المنشور في العدد رقم 527 من دورية *Nature* الدولية. وعلى الرغم من رغبة بلدان عديدة في جَعْل هذه التعهدات مُلْزِمة بموجب القانون الدولي، فستبقى طوعية في الوقت الحالي على الأقل. وكثيرًا ما يُلام مجلس الشيوخ الأمريكي على بغضه للمعاهدات الدولية، ولكنْ هناك بلدان كثيرة تشعر بالقلق حيال التعهدات المُلْزِمة، عندما تضع في الاعتبار صعوبة التغيير الاقتصادي اللازم لتنفيذ هذه التعهدات. فبروتوكول كيوتو لعام 1997 اشتمل على تعهدات مُلْزِمة من معظم البلدان المتقدمة، باستثناء الولايات المتحدة ـ على نحو لافت للنظر ـ لكنْ هناك بلدان كثيرة متقدمة حصلت على حرية الاختيار، ولم يكن هناك تبعات فعلية على البلدان التي لم تلتزم بتعهداتها.

التركيز الآن على بناء نظام "تعهُّد، ومراجعة"، يدفع البلدان إلى تحديد التزامات وطنية ذاتية، تخضع لمراجعة من الحكومات والجماعات الأخرى. وهناك أدلّة تشير إلى أن هذا النوع من "ضغط الأقران المؤسسي" يمكن أن ينجح؛ حيث قدَّمت 175 دولة حتى الآن تعهُّداتها طواعية.

من ثم، يتم بناء زخم اقتصادي وسياسي، وتنمو الطاقة المتجددة بسرعة أكبر مما كان يتوقعه أي شخص قبل سنوات قليلة مضت. وقد توقعت "شركة بلومبرج الاستشارية لتمويل الطاقة الجديدة" Bloomberg New Energy Finance أن الطاقة المتجددة ستحصل على ثلثي مبلغ 12 تريليون دولار أمريكي، سيُستثمر في توليد الكهرباء على مدار السنوات الـ25 القادمة. فقد أحرزت البرازيل ـ على سبيل المثال ـ تقدمًا هائلًا في الحدّ من إزالة الغابات، كما التزمت مصانع زيت النخيل بالحدّ من إزالة الغابات في إندونيسيا وبلدان أخرى. واتفقت بلدان منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية ـ في 18 نوفمبر الماضي ـ على الحدّ من تمويل محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم. وتَدرِس المملكة المتحدة مقترحًا لإغلاق كل محطات الفحم لديها بحلول عام 2025، أما الولايات المتحدة، فقد أوشكت على التخلص من الفحم، وذلك بفضل اجتماع عامِلَيْن، هما: القوانين، والغاز الطبيعي زهيد الثمن.

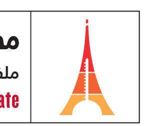
> **«يجب على زعماء العالم التعاون من أجل تحديد الخطوات القادمة، التي يمكن انتهاجها».**

لأجل ذلك كله، كان يجب على مفاوضات باريس أن تقدم إطار عمل قويًّا لبحث التعهدات المتعلقة بالمناخ، والتحقق مِن صِدْقها، حيث تحتاج الحكومات، والعلماء، ومتخصصو البيئة معلومات صحيحة مُحْكَمة عن المهام والمسؤوليات، وتوزيعها. ومن ثم، توجَّب أن تشترط الاتفاقية عملية مراجعة، مدتها خمس سنوات، حتى تتمكن الحكومات من تحديد الوسائل التي يمكن عن طريقها أن تمضي قدمًا بمزيد من الخطوات بحلول قمة المناخ التالية في عام 2020. فبمجرد أن يتجه الجميع في الاتجاه الصحيح، سيعود الأمل في أن يتوهج الإبداع البشري، ويكتشف العالَم وسائل للحدّ من الانبعاثات بسرعة أكبر.

مع ذلك.. سيكون من العسير تقييد ارتفاع درجات الحرارة في نطاق درجتين مئويتين. وبخصوص الوقف المبكر لنسبة كبيرة من البنية التحتية للوقود الأحفوري الموجودة حاليًّا، نجد أن الطريقة الوحيدة لتحقيق ذلك هي تجاوز الهدف، وخفض تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي خلال هذا القرن. وعلى العلماء التوصُّل إلى طريقة بسيطة لسَحْب ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي؛ مما قد يمكِّننا من نشر الطاقة الحيوية على نطاقات أوسع، عن طريق احتجاز ثاني أكسيد الكربون المنبعث أثناء عملية توليد الطاقة، ومن ثم ضَخّه تحت الأرض.

قد يأتي اليوم الذي تعي فيه الحكومات ضرورة اتخاذ التدابير لإزالة تامة للكربون، ولكن على العلماء في هذه الأثناء دراسة الحقائق الاجتماعية والسياسية والاقتصادية التي أمامهم، وبحث تَبِعات زيادة الانبعاثات، بما في ذلك التغيرات الكارثية المحتمَلة في النظام المناخي.

ويجب على زعماء العالم التعاون من أجل تحديد الخطوات القادمة، التي يمكن لحكوماتهم، ومواطنيهم، ومشروعاتهم، ومستثمريهم انتهاجها. فإذا كان الإنسان يريد أن يستمر في الحياة على كوكب نراه، ونشعر به، ويعمل بالشكل الذي يعمل عليه الآن، فقد آن الأوان كي نتفق، ونبدأ العمل. ■



محادثات المناخ في باريس
ملف خاص من دوريـــة *Nature*
nature.com/parisclimate

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

دوافـــع دفــاعيــــــة

الباحثون العاكفون على استكشاف وسائل جديدة لإجراء تعديلات جينية على الكائنات الحية البرية التي تعيش في مكان واحد، يتحلون بالحكمة اللازمة للكشف عن خططهم البحثية.

غالبًا ما يسعى الباحثون في التخصصات سريعة التطور إلى إخفاء أعمالهم، حتى يتسنى لهم نشرها في إحدى الدوريات العلمية، إلا أن الباحثين المشاركين في الورقة البحثية المنشورة في دورية *Nature Biotechnology* في نوفمبر الماضي خرجوا عن هذه القاعدة، حيث أفاضوا في الحديث عن بحثهم، وأعلنوا النتائج التي توصلوا إليها على مدار العام الماضي، كما عرضوا خططهم البحثية للأبحاث القادمة.

ولأنّ هذا البحث مِن شأنه أن يجعل التعديل الجيني لمجتمعات كاملة من الكائنات الحية أمرًا ممكنًا، فقد أثار العديد من علامات الاستفهام المتعلقة بالناحية الأخلاقية وناحية السلامة. لذا.. اعتبر الباحثون أن الحكمة تقتضي تهيئة زملائهم، وتهيئة الجمهور ـ بوجه عام ـ للنتائج التي سيتمخض عنها البحث، والْتِمَاس بعض الاقتراحات من المجتمع بشأن كيفية إجراء هذه التجارب بطريقة آمنة. ويكمن الجانب الفني في هذا البحث في هندسة "الحث الجيني"، وهو نظام قادر على نشر طفرة جينية عبر قطاع من الكائنات الحية التي تعيش في منطقة ما بسرعة تفوق المعدلات الطبيعية. ويمكن لهذه الطريقة القضاء على بعض الأمراض التي تنقلها الحشرات، بما في ذلك الملاريا، إلا أن عملية الإطلاق العرضي قد تَنْتُج عنها عواقب وخيمة غير متعمدة على صعيد النظام البيئي. ولذا.. يجب التعامل مع الأبحاث التي تتضمن تقنيات الحث الجيني بأقصى درجات العناية والحذر.

تساعد الورقة البحثية المنشورة في 16 نوفمبر الماضي على التخفيف من حدة المخاوف بشأن عمليات الإطلاق العرضي لتقنية الحث الجيني (.J. E. DiCarlo *et al* *Nature Biotecnol*. http://doi.org/89h; 2015)، فقد أعلن فريق من الباحثين من كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس أنه يمكن هندسة تقنيات الحث الجيني التي ستعمل على سلالات الخميرة داخل المختبرات (*Saccharomyces cerevisiae*)، والتي لن تفلح ـ على الأرجح ـ عند تطبيقها على الكائنات الحية البرية. وإذا نجحت مع أحد هذه الكائنات، فإن التحول الجيني ربما يتعرض للانتكاس عند إطلاق حث جيني ثان لإلغاء الأول. ورغم ذلك.. تؤكد النتائج أن التخطيط الجيد يمكنه أن يحدّ من المخاطر أثناء السماح بمتابعة أبحاث الحث الجيني.

يمتد تاريخ مفهوم الحث الجيني إلى عدة عقود ماضية، إلا أن تطبيق هذه التقنية قد صادف العديد من العراقيل، إلى أنْ تم اكتشاف نظام التحرير الجيني كريسبر/كاس9، الذي يتسم بالبساطة، وتعدد الاستعمالات، وذلك منذ سنوات قليلة فحسب. ويسمح هذا النظام للباحثين بتعديل الجينوم بدقة غير مسبوقة، وكذلك تصميم المكونات الأساسية للحث الجيني، الذي يقوم بنقل نسخة من التسلسل المعدل إلى جميع أفراد النسل تقريبًا.

ونظرًا لسهولة استخدام نظام كريسبر/كاس9، فقد انتشرت هذه التكنولوجيا، حتى أصبحت متاحة للعديد من المختبرات، أكثر من ذي قبل. ويمثل هذا نعمة ونقمة في وقت واحد، حيث يقدِّم لمزيد من العقول البحثية الفذة إحدى الأدوات التي يمكن أن تسهم بفاعلية في معالجة عدد من المشكلات الخطيرة المتعلقة بالصحة العامة والبيئة، إلا أنه ـ في الوقت نفسه ـ يزيد من احتمالات استدراج المختبرات إلى ساحة المواجهة، دون التسلح باحتياطات السلامة اللازمة. وقد أثار ذلك بعض المخاوف المبرَّرة، مما دعا الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب ـ على سبيل المثال ـ إلى تشكيل لجنة لتقييم استخدامات تقنيات الحث الجيني.

> «يجب التعامل مع الأبحاث التي تتضمن تقنيات الحث الجيني بأقصى درجات العناية والحذر».

من جانبهم، حرص الباحثون في جامعة هارفارد على الإعلان عن خططهم البحثية، قبل الشروع في تنفيذها، وأشاروا إلى التجارب المنشورة في نوفمبر الماضي في منشورات سابقة، حيث عرضوا فيها بإيجاز احتياطات السلامة التي يمكن اتخاذها. كما جمعوا الآراء والملاحظات من شرائح مجتمعية مختلفة؛ لتعزيز إجراءات السلامة في تجاربهم الخاصة، وحرصوا أيضًا على تطوير هذه الإجراءات الاحترازية، قبل الشروع في إجراء التجارب المختبرية الأساسية؛ لمعرفة فعالية الحث الجيني ضد مرض (لايم)، الذي ينتقل إلى الإنسان عن طريق القراد، ومرض البلهارسيا، الذي تحمله الديدان الطفيلية، وينتشر في القارة الأفريقية. فقد طرح الباحثون كل هذه التجارب للنِّقاش العلني المفتوح، قبل الشروع في إجرائها.

رغم ذلك.. لا يمكن اعتبار هذه المكاشفة إجراءً معياريًّا؛ حيث يخضع إجراء التجارب العلمية في أغلب الأحوال لموافقة لجان السلامة المؤسسية، ووكالات التمويل، لكن هذه المناقشات تجري عادة خلف الأبواب المغلقة، وتفاجئ الجمهور بما تسفر عنه من نتائج. ولعل رد الفعل الذي حدث في وقت مبكر من هذا العام خير دليل، وذلك عندما أعلن الباحثون عن استخدامهم نظام كريسبر/كاس9 لتعديل الجينوم الخاص بالأجنة البشرية (انظر: *Nature* **520**, 593-595; 2015). كما نشب نِقَاش محموم قبل حوالي ثلاث سنوات، تبعه تعليق النشاط البحثي، من جرّاء انتشار أخبار عن عزم الباحثين نشْر النتائج التي توضح طريقة تصميم فيروس إنفلونزا الطيور H5N1 لجَعْله أكثر نقلًا للعدوى.

لقد وعى الباحثون المتخصصون في الحث الجيني بجامعة هارفارد الدرسَ جيدًا، وأدركوا الحاجة إلى تعريف المجتمع بخططهم البحثية؛ حتى يتسنى إجراء المناقشات، والإفصاح عن المخاوف، وتقديم الاقتراحات من جميع الجهات، قبل مباشرة العمل. ولم يبق إلا أن يراقِب العلماءُ المشهدَ عن كثب؛ للتعرف على قدرة هذا المنهج على أنْ يقدّم نموذجًا يُحتذى به للفِرَق الأخرى التي تأخذ على عاتقها تحديات العمل في المجالات المثيرة للجدل. ■

قيــمة الجــامعــات

تتضمن المقترحات الخاصة بالتعليم العالي في المملكة المتحدة بعض النقاط الإيجابية في ظل الأزمة المالية الراهنة.

من المتوقع أن تسفر سياسات التقشف التي تتبناها حكومة المملكة المتحدة عن استقطاعات كبيرة من ميزانية عدد من الأقسام في مختلف الجامعات. وبغرض مواجهة هذه الاحتمالات، قام الباحثون البريطانيون ـ إلى جانب لجنة العلوم والتكنولوجيا البرلمانية، التي تتمتع بنفوذ كبير ـ بممارسة ضغوط هائلة، لإبراز القضية في إطار أن مجرد وضْع ميزانية للأبحاث غير قابلة للزيادة سيمثل خيانة لاحتياجات البلاد بعد خمس سنوات، إلا أن مدى نجاح هؤلاء الباحثين، ونظرة الحكومة إليهم باعتبارهم فئة جديرة بالاستثناء لن يتضح قبل رؤية إعلان خطط الإنفاق، الذي كان من المخطَّط صدوره في 25 نوفمبر الماضي. وقد سعت دورية *Nature* إلى سبر أغوار هذه الاحتمالات المثيرة للقلق في أحد مقالاتها.

لم تقف الأمور عند هذا الحد؛ فقد شرعت الحكومة البريطانية ـ في نوفمبر الماضي ـ في إجراء مشاورات بشأن إعادة الهيكلة المقترحة لطريقة الحكومة في إدارة التمويل في التعليم العالي (انظر: go.nature.com/c97sww)، حيث أعلنت في هذه المشاورات عن رغبتها في إلغاء مجلس تمويل التعليم العالي في إنجلترا (HEFCE)، وهو الهيئة المنوط بها توزيع 1.6 مليار جنيه إسترليني (ما يعادل 2.4 مليار دولار أمريكي) من أموال الأبحاث المرتبطة بالجودة على الجامعات، بحيث تظل هذه الأموال الأساسية خاضعة لإدارة منفصلة عن إدارة التمويلات الأكثر مرونة، وتتولاها المجالس البحثية بالمملكة المتحدة، وهذا غالبًا من خلال منظمة لتمويل الأبحاث، تكون مسؤولة عن كلا النوعين من التمويلات.

ربما لم تحظ تلك التغيرات ـ على وجه التحديد ـ بالطرح الملائم، إلا أن هذه الحزمة من المقترحات تتضمن جوانب أخرى تتمتع بمزايا بالغة الأهمية؛ حيث تسعى الحكومة من خلالها إلى معالجة مشكلتين أساسيتين في منظومة التعليم العالي في المملكة المتحدة، وهما: الإهمال النسبي لمعايير الجودة الخاصة بالتدريس، وأوجه القصور في الإسهام في الحراك الاجتماعي. وتعكس هذه المقترحات جانبًا إيجابيًّا آخر، يتمثل في دعم الحكومة لاستمرار العمل بموجب منظومة "إطار التميز البحثي" REF كآلية لتقييم جودة الأبحاث، ودرجة تأثيرها، بغض النظر عن اقتراح إلغاء مجلس تمويل التعليم العالي في إنجلترا، الذي حقق نجاحًا ملحوظًا في تطبيق هذه الآلية. وتمثل الاستفادة من منظومة "إطار التميز البحثي" ـ كوسيلة للتقييم ـ مطلبًا أساسيًّا بلا شك، على الأقل لأهمية نتائجه في دعم قضية الاستثمار الحكومي في مجال الأبحاث.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صحيح أن العديد من الأكاديميين كانوا يكنون كراهية شديدة لمنظومة "إطار التميز البحثي"، نظرًا إلى ما تتطلّبه من تقديم كميات هائلة من المعلومات؛ للحصول على التمويل، إلا أن البحث في نتائج تطبيق هذه الوسيلة، وفي الآراء النقدية السابقة المقدَّمة من الأعضاء الدوليين لفِرَق التقييم (انظر: go.nature.com/q919oe)، يؤكدان على ما تتمتع به المنظومة من نقاط قوة متعددة. وإذا أخذنا ـ على سبيل المثال ـ قاعدة بيانات ما يقرب من 7,000 دراسة حالة عن الآثار المجتمعية للبحث الأكاديمي (انظر: //:http impact.ref.ac.uk/casestudies)، سنجد أن تنوع هذه الآثار في مجالات مختلفة، مثل الصحة، والاستدامة، والتعليم، والنمو الاقتصادي في المملكة المتحدة وخارجها، يُعتبر تنوعًا مؤثرًا ملفتًا للنظر.

لا يوجد سبب لافتراض أن تحديد هذه النتائج يمثل وضعًا معكوسًا، أو ـ بعبارة أخرى ـ يمثل 'عربة' الآثار التي تجر 'قاطرة' الأبحاث، حيث لم تقم فِرَق التقييم في منظومة "إطار التميز البحثي" بمَنْح دراسات الحالة المجتمعية سوى 20% فحسب من إجمالي التقييم، بينما خصصت 65% للأداء الأكاديمي. كما أنه لا يمكن لأحد أن يدّعي ـ على أسس منطقية مقبولة ـ حتمية توقُّع النتائج، واشتراطها كأساس لتمويل الأبحاث في المستقبل. فالمنطق الذي يقبله العقل هو أن المجتمع العلمي قادر على تقديم المساعدة؛ لضمان أقصى قدر من العوائد على أموال دافعي الضرائب، وذلك بأن يصبح هذا المجتمع على دراية كاملة بمسارات تأثير الأبحاث، وتوسيع نطاق رؤيته للدور المنوطة به الأبحاث. وهو ما يمكن أن يحدث وفقًا لدراسات الحالة، حتى في المجالات البحثية الأساسية التي لا يمكن الاستغناء عنها.

في الإطار ذاته، تقدِّر إحدى الدراسات التي أجراها خبراء مستقلون بمؤسسة "راند أوروبا" RAND Europe بأن صياغة التقارير الخاصة بتأثير الأبحاث الأكاديمية في منظومة "إطار التميز البحثي" تكلف الجامعات حوالي 55 مليون جنيه إسترليني (انظر: go.nature.com/dzwbjn). ولعل هذا ما يبرر مخاوف الأكاديميين والسياسيين من أعباء النفقات، ولكن بمقارنة هذه التكاليف بالميزانية العامة التي ترتبط بها (1.6 مليار جنيه إسترليني)، تصبح هذه التكاليف التي تعادل 3.4% فحسب من الميزانية الكلية صفقةً رابحة، خاصة إذا وضعنا في الاعتبار أن نظام التقييم قد يصبح أكثر فعالية، إضافة إلى مزايا تشجيع هذه التأثيرات.

تتجه الحكومة بقوة ـ من منطلق وعيها الكامل بهذه الأعباء ـ إلى توفير وسيلة أقل تكلفة لتقييم كل من التأثيرات الأكاديمية والمجتمعية باستخدام المقاييس المتعارَف عليها، إلا أن التوضيحات الصادرة عن فِرَق التقييم التابعة لمنظومة "إطار التميز البحثي"، وعن التحليلات التي أجرتها مؤسسة "راند" عن تقييم التأثيرات (go.nature.com/yysa6m)، وعن أحد التقييمات المستقلة للمقاييس المعمول بها في مجال الأبحاث (go.nature.com/rfrgql)، تشير جميعها إلى ضرورة التخلي عن هذا التوجه، حيث تمثل المراجعة العميقة والواعية لنمطي التأثير الطريقة الوحيدة لتحقيق العدالة لكليهما.

«تقدِّم الآثار الناجمة عن دراسات الحالة الحججَ والأدلة المطلوبة لدعم الأبحاث العلمية في جميع التخصصات.»

إنّ الآثار الناجمة عن دراسات الحالة تقدِّم الحجج والأدلة المطلوبة لدعم الأبحاث العلمية في جميع التخصصات. وتعمد بعض الهيئات والمصالح الحكومية إلى نشر هذه الأدلة على هذا الأساس. ولذلك.. يجب على القراء المعنيين بالتعليم العالي في المملكة المتحدة أن يعربوا عن آرائهم بشأن هذه المقترحات قبل 15 يناير 2016 على الرابط التالي: (go.nature.com/l3rrtx). ■

لا تَخْشَ المخاطرة

ثقافة الامتثال تخنق روح الابتكار في البحث العلمي.

تَخَيَّلْ أنك تبتكر أسلوبًا لنقل البروتينات من مادة هلامية إلى شريحة بلاستيكية؛ لتحليلها بسهولة أكبر. قد يكون هذا مفيدًا.. ولكنْ هل سيوصلك هذا إلى المجد؟ في العام الماضي أُجريت دراسة على المئة بحث الأكثر اقتباسًا على موقع "ويب أوف ساينس" Web of Science (انظر: *Nature* **514**, 550; 2014) ومما لفت الاهتمام فيها هو حسابها لعدد الأوراق البحثية التي أشارت إلى مناهج بحثية اعتيادية، وجاءت عملية نقل البروتين هذه في المرتبة السادسة.

لا تبلغ كل الأعمال العادية هذه الكثافة في الاستشهادات المرجعية، ولكن هذا لا ينتقص من قيمتها.. فتَخَطِّي عقبات توصيل العقاقير باستخدام جسيمات نانوية مثلاً يتطلب عملية توصيف مضنية للمسارات، ومعدلات الانفصال، والفقدان في الجسم. وعلى الأرجح يكون هذا العمل غير صالح للنشر، ناهيك عن كونه غير براق. ويمكننا الإشارة إلى مواضع مماثلة، تُطلَب فيها التفاصيل؛ للتمكن من تنفيذ أي فكرة لامعة بشكل عملي، ولكنْ عادةً ما تَجتذِب الفكرةُ الأساسية ـ وليست التفاصيل الدقيقة ـ المديح. كما أن حوافز عملية التجميع المملة والأساسية في الوقت نفسه لمثل هذه المعلومات التفصيلية في طريقها إلى الاختفاء في ظل سيادة ثقافة النشر، مقابل الاندثار.

في الوقت نفسه، وجد تحليل حديث للاكتشافات والابتكارات في الطب الحيوي ـ مُستخدِمًا الجزيئات المدروسة كمعيار للقيمة ـ أن اختيار القضايا البحثية يصبح أكثر تحفظًا وابتعادًا عن المخاطرات (.A. Rzhetsky *et al*. *Proc*. *Natl Acad*. *Sci*. *USA* **112**, 14569–14574; 2015). قد نعترض على نقاط هامشية تتعلق بنطاق هذه الدراسة، إلا أن الاستنتاجات التي خرجت بها إجمالاً ـ ألا وهي أن الأعراف السائدة حاليًّا تثبط الرغبة في المخاطرة، وبالتالي تبطئ مسيرة التقدم العلمي ـ تبدو صحيحة.

مِن المرجح أن محاولات البقاء في نطاق ينجح بدرجة كبيرة في النشر ـ عن طريق تجنُّب الدراسات العادية، أو التي تنطوي على المخاطرة ـ تقلل من كفاءة الاكتشافات العلمية. وربما نصيح في يأس ـ كما هو رائج في الوقت الحالي ـ ونقول: "هناك خلل في العِلْم"، ولكن هذا ليس حلًّا. وتكمن فائدة الدراسة التي قام بها رهيتسكي وزملاؤه في أنها تلفت النظر إلى فكرة تحسين الممارسات والمؤسسات؛ لتسريع وتيرة عملية الاكتشافات العلمية. ويخلص الباحثون ـ على سبيل المثال ـ إلى أن نشر الإخفاقات التجريبية سيساعد على تحقيق هذا الهدف، عن طريق تجنب تكرارات، لا طائل منها.

قد لا ترحب الدوريات العلمية، التي تضع معدلات التأثير نصب أعينها بذلك، ولكن من ناحية أخرى.. لم تَعُدْ هذه الدوريات المخازن الوحيدة للنتائج العلمية. ويقترح رهيتسكي وزملاؤه بعض التغييرات في الهياكل المؤسسية، التي من شأنها أن تساعد على تشجيع أبحاث تُخَاطِر بقدر أكبر، وعلى الأرجح تكون رائدة بقَدْر أكبر أيضًا. ومن هذه التغييرات.. ـ على سبيل المثال ـ نشْر المخاطرات، وتعظيم شأن مَن يقوم بها بين الفرق، والمنظمات.

تتمثل مخاطر هذه المبادرة في تحوُّل تبسيط الاكتشافات إلى مجموعة أخرى من التوجيهات والإجراءات المُمَنْهَجة، مما يضع المزيد من العقبات في طريق المتقدمين للحصول على مِنَح.

قد تكون البداية الأفضل هي إدراك رسالة أكَّدتها الأبحاث في الأنظمة المُعقدة، وهي أن الكفاءات في الأغلب تنتشر من القاعدة إلى القمة. فالهدف هو تصميم أنظمة بقواعد انخراط أساسية للعناصر المشارِكة؛ لتهيئة ظهور حالة مُثلى على النحو الأفضل. تمنح هذه المبادئ عادةً قابلية التكيّف، والتنوع، والحيوية. كما يُمكن أن تتوفر توليفات أكثر بين مصادر المنح وأحجامها، ومن طرق ذلك مثلًا.. وضع حدود أقل صرامة بين التخصصات، مع تقبُّل أكبر لعدم اعتبار كثافة الاقتباس المعيار الوحيد للقيمة.

للتقليص الحالي للأهداف، والفرص، والاستراتيجيات في العلم دلالات كثيرة، ولكن من أهم ما يعكسه هو تلاشي الثقة. فالهوس بالتركيز على "التأثير" والفحص الدقيق المنتظم لبيانات الاستشهادات المرجعية يُظْهِر نقصًا في الثقة، كان ليطمس العديد من الاكتشافات والمكتشفين القدامى. قد يكون من العسير تجنُّب استخدام تحليل الاستشهادات المرجعية في الترشيح المبدئي والتأهل لموعد (انظر: *Nature* **527**, 279; 2015)، لكن النشر المستمر ليس المعيار الوحيد ـ ولا حتى الأفضل ـ للتقييم.

أما محاولات علاج هذه المشكلات المُعترَف بوجودها على نطاق واسع، فعادةً لا تعدو محاولات على استحياء، لا تسهم في حل المشكلة الأصلية. ويرجع هذا ـ إلى حد ما ـ إلى اعتبار هذه المشكلات خاصة بفئة أخرى، فالمذنبون هنا ليسوا أصحاب الشكوى، بل المُحَكِّمين، وهيئات المنح، ولجان التثبيت التي تقمعهم. والغريب في الأمر أن هؤلاء الناس المُعَوِّقين هم ـ على وجه التقريب، دون استثناء ـ علماء أيضًا (أو على الأقل كانوا كذلك من قبل). إنّ انعدام الكفاءات يمكن أن يكلفنا كثيرًا. ولذلك.. أرى أن وقت تيسير الأمر قد حان. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp



آن الأوان للمنـــــــــاداة بالحريـــــــــة الأكـــــاديميـــــة

يرى **كولِن ماسيلوين** أن إتاحة الفرصة لهيئة التدريس والطلاب للإدلاء بآرائهم حول كيفية إدارة وتنظيم المؤسسات التعليمية يقوِّي إدارتها، ويحدّ من حرية تصرف الإداريين بها.

كان كلارك كير رئيس جامعة كاليفورنيا الأسبق في بيركلي هو مَن وضع تعريفًا لا يُنسى لدور المدير الإداري للجامعة، وهو كالتالي: هو الشخص الذي يعمل على تنظيم مرآب السيارات لهيئة التدريس، والعلاقات الجنسية للطلاب، والرياضة للخريجين. وقد انطوت هذه المقولة على عين الحقيقية، ألا وهي أن إدارة الجامعة شَرٌّ، لا بد منه. فلا شك أن الطلاب والأكاديميين يمثلون كيان الجامعة، وروحها، ويقومون بالدور الحقيقي الذي أُنشئت لأجله. أمّا الإداري، كما يوحي تعريف الكلمة، فهو ييسر الأمور فحسب، ولكن في هذه الأيام.. اختلف الأمر، حيث تغيرت النزعة الإدارية في الحرم الجامعي على مستوى العالم ككل، وحُسِم أخيرًا صراع القوى ـ الذي طالما احتدم بين الأكاديميين والإداريين ـ لصالح الإداريين.

لا تصح هذه المقولة في مكان في العالم أكثر من المملكة المتحدة، حيث حثت رئيسة الوزراء السابقة مارجريت تاتشر منذ 30 عامًا على تنفيذ بعض الإصلاحات، التي أدّت بدورها إلى تمكين مساعدي رؤساء الجامعات من مدّ قبضتهم إلى المسائل التي كان يتحكم فيها مسبقًا الأكاديميون، ومنها، على سبيل المثال.. نوعية المواد التي تُدرس، ونوعية المِنَح التي ينبغي السعي وراء الحصول عليها، والمعايير التي تحكم تعيين هيئة التدريس. وبتحويل نواب رؤساء الجامعات دفّة صنع القرار إلى اللجان التي يسيطر عليها حلفاؤهم المقرَّبون، أصبح الكثير منهم يعملون كما لو كانوا رؤساء تنفيذيين.

هذا النهج الإداري وما صحبه من امتداد وتوسع متزايد في طاقم العمل الإداري يخطو خطى دؤوبة نحو الانتشار على مستوى العالم. ويُعزى ذلك ـ إلى حد كبير ـ إلى أن الجامعات الأمريكية والبريطانية تسيطر على مجالس الجامعات الدولية، كما تسعى سياسات التعليم العالي في كثير من الدول للاقتداء بنماذج الجامعات البريطانية والأمريكية، فعلى سبيل المثال.. اختارت "مبادرة الامتياز الألمانية" Germany's Excellence Initiative عددًا صغيرًا من المؤسسات التعليمية الواعدة، ومَدَّتها بالأموال اللازمة لإقامة إدارات مركزية أكثر قوة.

> تتجاهل الحكومات مفاهيم **الديمقراطية** والحرية الأكاديمية في إطار محاولاتها المضنية لتحويل الجامعات إلى مشروعات **ربحيـــة** أكثر منها جامعات تعليمية.

لا أظن أبدًا أن أيًّا من ذلك يصب في مصلحة الطلاب، أو المدرسين، أو المجتمعات الأكبر من ذلك، التي يُفترض أن تخدمها الجامعات. فأنا مواطن بريطاني، ولكنني أشترك مع البعض في شكوكهم بشأن مجالس الجامعات على مستوى القارات، حيث نشأت غالبية هذه المجالس في دول تتحدث اللغة الإنجليزية، وتتسم بكونها تعكس قوى المؤسسات الموجودة بها. وكثيرًا ما أتعاطف في الاجتماعات التي تُجرى في نطاق أوروبا مع الذهول البادي على وجوه الحاضرين إزاء الاعتداد بالنفس، الذي يتصرف به المتحدثون البريطانيون والأمريكيون في هذه الاجتماعات. وإنّ ما أخشاه يتمثل في أنه ما لم تتم مراجعة سلوكيات بعض نواب رؤساء الجامعات، التي تنمّ عن دكتاتورية؛ ستُصاب الجامعات البريطانية بالشيء نفسه الذي أصاب بنوك الشوارع الرئيسة التي كانت مؤسسات محترمة يومًا ما، مِن جَرّاء ما فعله أصحاب نظرة الهيكل المؤسسي نفسها. فكما أصبح مديرو البنوك المحلية "في خبر كان"، يمكن للإداريين الشرسين التخلص من الأكاديميين المستقلين صعبي المِراس، متعللين بأسباب إدارية، وبيانات مُفبركة عن الأداء البحثي.

وقد خرجت غالبية صور مقاومة مثل هذا التغيير مِن رَحِم الآداب والإنسانيات، حيث انتقد بعض النقاد ـ مثل الناقد الأدبي ستيفان كوليني ـ ما يعتبرونه تدميرًا لنظام المملكة المتحدة الجامعي، وذلك في دورية "لندن ريفيو أوف بوكس" وغيرها، لكن النظام الجديد يفضل العلماء إلى درجة كبيرة، وقد يكون ذلك السبب وراء سكوت كبار العلماء عن هذه المسألة.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/FABhrd

لا يمكن أن يستمر ذلك؛ فقد تم تجميد تمويل الأبحاث في المملكة المتحدة لمدة خمس سنوات، ومن المحتمل أن يتقلص بعد استعراض الحكومة للنفقات في الأسبوع القادم، حتى إن "إطار العمل للامتياز في التدريس" Teaching Excellence Framework المقترح على وشك الدخول في هذه المعركة، حيث إنه مصمَّم اقتداءً بنموذج "إطار العمل للامتياز في الأبحاث" Research Excellence Framework، الذي يهدف إلى تقييم الأبحاث الجامعية، والذي سيطر على التعليم العالي البريطاني منذ عام 1986، وتبنّاه كثيرون على مستوى العالم منذ ذلك الحين. وتستمر الضغوط التي تُمارَس على الأكاديميين، بسبب معايير.. غالبًا ما تكون كاذبة.

رغم ذلك.. هنا في إسكتلندا تُبذل حاليًا جهود ضد التيار، لمَنْح هيئة التدريس والطلاب مزيدًا من القدرة على التأثير على طريقة إدارة الجامعة، حيث اقترحت الحكومة الجديدة مشروع قانون لتنظيم التعليم العالي (انظر: go.nature.com/qeqphw)، من شأنه أنْ يُلزِم بإجراء انتخابات لمَن يرشحون أنفسهم لرئاسة الأجهزة الرئاسية بالجامعة، ويشترط تضمين العاملين واتحادات الطلاب في اللجان الكبرى. وقد استمد مشروع هذا القانون فكرته من تقرير 2012، الذي أصدره فرديناند فون برودزنسكي، مدير ونائب رئيس جامعة روبرت جوردون في أبردين، الذي يضم المعايير اللازمة لضمان تحقيق الحرية الأكاديمية في ظل القانون (انظر: go.nature.com/jvoma5).

بيد أن باقي مديري الجامعات يحاربون الإصلاحات المحترمة التي يحملها مشروع القانون بكل ما أُوتوا من قوة، أمّا شريكهم في ذلك، وهو "المجلس الأعلى للجامعات الاسكتلندية"، فقد بذل مجهودًا كبيرًا من أجل تكوين انطباع بأن الأكاديميين راضون عن ترتيبات التنظيم والإدارة الحالية، كما زعم أن بعض نصوص مشروع القانون يهدد استقلالية المؤسسات التعليمية، ويمثل خطرًا على مبدأ كونها مؤسسات خيرية، حتى إنه حاز على دعم إدوارد سنودين، كاشف الفساد الأمريكي المعروف، ورئيس جامعة جلاسجو المُنتخَب من الطلاب، حيث كتب "تغريدة" معارضة لمشروع القانون من موسكو، وذلك برغم أن هذا الاقتراح لا يتعدى تناول العملية الإدارية التي منحت سنودين منصبه في جامعة جلاسجو، وإمداد مؤسسات أخرى أكثر حداثة بها.

من المتوقع أن تقوم حكومة الحزب الوطني الإسكتلندي، وحزب العمال المُعارض بدعم تمرير مشروع القانون، بعد تعديله بما يحمي استقلالية المؤسسات. ومن ثم، فالجامعات في هذا الجزء من العالم على الأقل تستعد لأنْ تكون أكثر ديمقراطية بعض الشيء. وإنني لأرجو أن ينتشر هذا الأمر في الأماكن التي تتجاهل فيها الحكومات مفاهيم الديمقراطية والحرية الأكاديمية، وذلك في إطار محاولاتهم المضنية لتحويل الجامعات إلى مشروعات ربحية، أكثر منها جامعات تعليمية. ولا شك أن الإيمان بفكرة المسؤول التنفيذي اخترقت بالفعل كل ركن من أركان المجتمع تقريبًا، لكن الجامعات ليست شركات، فهي ـ وفقًا لتعريفها.. ـ هيئات أكاديمية منظَّمة. وسيعمل ممثلو الطلاب وهيئات التدريس في لجان الجامعة المؤثرة على تذكير الإداريين بهذه الحقيقة، ومحاسبتهم؛ مما سوف يؤدي إلى تقوية تنظيم وإدارة الجامعة على المدى الطويل. ■

كولِن ماسيلوين يكتب عن السياسة العلمية من إدنبرة، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: cfmworldview@googlemail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث



يجب على الصين العمل بحسم، لاقتلاع تجارة العاج من جذورها

يؤدي الاحتفاظ بمخزون كبير من العاج الشرعي الخام في الصين إلى إعاقة تنفيذها لوعودها بإنقاذ الأفيال، حسب قول **لي زانج**.

حققت محاربة الاتجار غير الشرعي في العاج بعض النجاح في شهر أكتوبر الماضي، حيث أُلقِيَ القبض على سيدة صينية، زُعِمَ أنها هرَّبت ما يزيد على 700 من أنياب الأفيال من تنزانيا. فلطالما كان يتمتع العاج بقيمة خاصة في الصين، حيث كان يُنحت في صورة قطع فنية مزخرفة، وعصيّ تناول الطعام، وحليّ، وذلك على مدار ما يزيد على 3,000 عام.

هذه الواقعة ـ بالإضافة إلى العديد من مثيلاتها ـ تضع الحكومة الصينية في موقف حرج، فلقد تعهدت الصين رسميًّا بالمساعدة على منع القتل غير الشرعي للأفيال، كما أنها اتخذت إجراءات فعلية لمنع الاستيراد غير الشرعي للعاج. وعلى الرغم من ذلك.. صنفت وزارة الثقافة الصينية في عام 2006 نحت العاج كموروث معنوي ثقافي قومي، وبذلك فإن الحكومة تستمر في دعم بيع العاج (الشرعي) محليًّا، وتستمر في شراء مخزونات عالمية من العاج المُصادَر من آن إلى آخر، وبيعه لنحّاتي العاج. وجدير بالذكر أنه يوجد في الصين 34 مُصَنِّع عاج رسميًّا، بالإضافة إلى 130 تاجرًا يبيعون أطنانًا من منتجات العاج إلى المشترين كل عام.

وقد بررت الحكومة الصينية ذلك بأن هناك عددًا كافيًا من الأفيال في أفريقيا لدعم التجارة المستدامة المنظمة الشرعية بما يلبِّي الطلب عليها، ومن ثم فالسوق الصيني المحلي لا يؤدي إلى الصيد الجائر غير المشروع. كما استحدثت لوائح تشترط تسجيل كل منتج من منتجات العاج وبيعه بشهادة توضح أن مصدرَ هذا المنتَج معترَف به. ومن ثم، فإن صناعة العاج ـ إضافة إلى استنادها إلى الدعم الرسمي ـ تروِّج لمنتجاتها بين الناس على أنها استثمار مالي رشيد، حتى إن الصين في عام 2009 ـ بعد مرورها بإجراءات موافقة مثيرة للجدل مع "اتفاقية الاتجار الدولي بأنواع الحيوانات والنباتات البرية المهدَّدة بالانقراض" CITES ـ استوردت 62 طنًّا من العاج من دول بمنطقة جنوب أفريقيا.

تكمن مشكلة هذا النهج في أن السوق الشرعي يشجع على الصيد غير المشروع، والاستمرار في عرض العاج غير الشرعي في السوق، حيث تشير الدراسات التي أُجريت في الصين إلى أن حوالي ثلث المتاجر المرخَّص لها ببيع العاج لا تزال تبيع العاج غير الشرعي، وأن عشرات التجار غير المرخصين ما زالوا يعملون في هذه التجارة. كما تؤكد سجلات وفيات الحيوانات وحالات ضبط العاج غير الشرعي استمرار نمو هذه السوق السوداء، حيث يتم صيد عشرات الآلاف من الأفيال كل عام صيدًا غير مشروع، ويُهرَّب الكثير من العاج الذي يحصلون عليه من هذا الصيد إلى الصين وجنوب شرق آسيا، حتى إن السلطات سحقت في بكين في مايو الماضي ما يزيد على نصف طن من العاج المُهرَّب، كما دمَّرت أكثر من ستة أطنان في جوانجدونج في يناير 2014.

وصرَّحت الحكومة الصينية عندما طحنت العاج في مايو الماضي بأنها أرادت أن تفعل شيئًا أكثر من ذلك؛ لحماية الأفيال، وتعهدت بأن تنهي تجارة العاج المحلية الشرعية بالتدريج. كما زاد الرئيس الصيني شي جين بينج على ذلك بأن أبرم أثناء زيارته إلى الولايات المتحدة في الشهر الماضي اتفاقية، مِن شأنها أن تخطو بالصين خطى محددة، "وفقًا لجدول زمني معين"، بهدف إغلاق هذا السوق المحلي نهائيًّا.

ويبدو أن الرأي العام الصيني يدعم هذا الحظر التام لبيع العاج، ولكن يجب أيضًا معالجة أمر المخزون الشرعي الموجود لدى الشركات الصينية بطريقة ما، حيث يُقدر ذلك المخزون بحوالي 40 طنًّا من العاج الخام، والمنتجات غير كاملة الصنع، وذلك منذ صفقة عام 2009.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/j8X3fA

رغم ذلك.. فالقانون الصيني الذي يهدف إلى حماية اقتصاد السوق الجديد لا يسمح بإغلاق أماكن عمل المصنِّعين والمورِّدين المسجَّلين، ولذلك.. يجب السعي ـ عوضًا عن ذلك ـ وراء إلغاء تجارة العاج. وأبسط طريقة للقيام بهذا الإجراء ـ ويجب على الحكومة أن تدرسها ـ هي أن تشتري الحكومة كل المخزون التجاري القانوني من العاج، وفقًا لبرنامج شراء جبري، ثم تسلِّم بعد ذلك هذا المخزون إلى المتاحف بالطريقة الملائمة. ولا يُسمح بعد هذه الخطوة بأي نوع من أنواع تجارة العاج، بحيث يكون أي منتَج موجود في السوق من منتجات العاج منتَجًا غير شرعي. وهذه الطريقة ستجعل تطبيق القانون أكثر سهولة وفعالية، بل وأكثر توفيرًا للمال. كما سيُتاح بذلك عرْض المنحوتات المصنوعة من العاج في المتاحف كثروة قومية، كما يمكن أن تُستخدَم في المدارس أيضًا؛ لتثقيف الأطفال، وتعريفهم بالموروثات الصينية، وبالحاجة إلى الحفاظ عليها.

> تعود مكانة وقيمة العاج إلى قرون عديدة مضت.

السؤال الآن: كم ستتكلف هذه الخطوة؟ في عام 2009، كان سعر شراء الكيلوجرام من مخزون العاج الشرعي 1,350 دولارًا أمريكيًّا، وإذا أضفنا مقابل تكلفة تخزين هذا المخزون، والحفاظ عليه منذ ذلك الحين، يكون مبلغ 2,100 دولار لكل كيلوجرام سعرًا معقولًا، ومن ثم سيتكلف شراء العاج الخام حوالي 84 مليون دولار أمريكي. ووفقًا لأسعار السوق الحالية، سيُضاف حوالي 500 مليون دولار لشراء المنتجات المصنعة منه.

تبدو التكلفة الإجمالية مرتفعة، ولكن الصين تنفق مليارات الدولارات بصورة منتظمة على ما تُطلِق عليه التعويض البيئي، حيث تدفع أموالًا للفلاحين، ومالكي الأراضي؛ كي يحولوا الأراضي الزراعية الحدية إلى غابات أو مروج (برنامج "Grain for Green")، كما تحصل المحليّات على تمويل حكومي للحفاظ على النظام البيئي. وتشير بعض التقديرات إلى أن الصين أنفقت 100 مليار دولار على مثل هذه المشروعات، وبذلك نجد أن مبلغ 600 مليون دولار المطلوب لمنع طلب العاج في السوق يمثل نسبة صغيرة من المبالغ التي يمكن للدولة أن تنفقها في هذا الصدد. كما أن هناك طرقًا لتقليل هذه التكلفة إذا كانت هناك حاجة إلى ذلك، حيث يمكن استخدام جزء من الأموال في تدريب المصنِّعين الذين يعملون لدى الحكومة في مجال نحت العاج؛ لإنتاج منتجات أخرى.

في إطار الاتفاقية الرئاسية المبرَمة في شهر أكتوبر الماضي بين الصين والولايات المتحدة، صرحت الأخيرة (وهي ثاني أكبر سوق للعاج غير الشرعي بعد الصين) بأنها ستضيِّق من القيود التي وضعتها على استيراد منتجات الأفيال، بما في ذلك تذكارات الصيد. وجدير بالذكر أن مكانة وقيمة العاج ترتكز على تاريخ يعود إلى قرون طويلة، حتى إنّ جوزيف كونراد قال في روايته "قلب الظلام" *Heart of Darkness*: "كان يمكنك أن تتنسم كلمة 'عاج' في الهواء، وتسمعها كترنيمة، وكهمسة، حتى إنك قد تظن أنهم يُصَلُّون لها". وذلك يوضح لنا أنه لن يكون من السهل فصْل هذه القيمة الثقافية عن القيمة المالية. وحيث إن هدفنا هو إنقاذ الأفيال، فعلينا أن نحاول. ■

لي زانج بروفيسور في المعمل الرئيس لعلم التنوع الحيوي وهندسة النظم البيئية، وزارة التعليم، كلية علوم الحياة، جامعة بكين العادية.
البريد الإلكتروني: asterzhang@bnu.edu.cn

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضـواء على الأبحـاث
مقتطفات من الأدبيات العلميـة

تاريخ طبيعي

السيلينيوم مرتبط بالانقراض الجماعي

ربما لَعِب تَرَاجُع سريع في احتياطيات المحيط من السيلينيوم دورًا في الانقراضات الجماعية الماضية.

فالسيلينيوم يساعد مع غيره من العناصر النزرة بعض الإنزيمات على العمل، وأداء مهام بيوكيميائية أساسية أخرى في الكائنات الحية.

وقدّر جون لونج وزملاؤه ـ بجامعة فلندرز في أديلايد، أستراليا ـ مستويات السيلينيوم في المحيط على مدى الـ560 مليون سنة الماضية، من خلال تحليله في عينات البيريت البحرية. لقد تقلبت تركيزات السيلينيوم بشكل كبير، لكن الانخفاضات الحادة تزامنت مع عديد من حالات الانقراض الجماعي، بما في ذلك حالة في نهاية العصر الترياسي، قبل 200 مليون سنة.

يقول الباحثون إن الانهيار في مستويات السيلينيوم ربما تضافر مع تغيرات في دورات الأكسجين والكربون؛ لدفع الانقراض الجماعي.

***Gondwana Res.* http://doi.org/834 (2015)**

KIKE CALVO/NATIONAL GEOGRAPHIC/GETTY

الحفاظ على البيئة

كيف تحافظ على أحد الأنواع الحية

تسهم عوامل مشتركة ـ مثل إنفاذ القانون ـ في نجاح برامج استعادة الأنواع، أو فشلها، مما يوحي بأن دروس الحفاظ يمكن تعميمها عبر مجموعات، أو أنواع مختلفة.

حلَّلت جنيفر كريس وزملاؤها ـ بجمعية علوم الحيوان في لندن ـ 48 برنامج حفاظ على الثدييات، بدءًا من الحماية الناجحة لقرد الأسد الذهبي (في الصورة) إلى المحاولة الفاشلة لإنقاذ دولفين نهر اليانجتسي. وفي حين أن التشريعات على المستوى الوطني لم تؤد بالضرورة إلى نتائج جيدة، كان التشديد في إنفاذ القانون المحلي فعالًا. وإضافة إلى ذلك.. كان الحد من الأخطار التي تهدد الحيوانات ـ مثل فقدان الموائل والصيد ـ حاسمًا لبقائها على المدى البعيد.

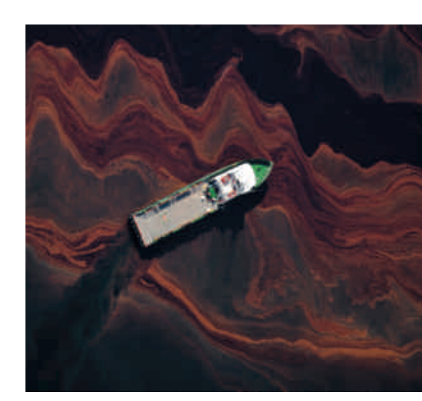
ولم يُعثَر على صلة بين نتائج برامج الاستعادة والعوامل البيولوجية، مثل كتلة الجسم، ونوع الموئل، مما يشير إلى أن برامج الحفاظ التي صُمِّمت جيدًا ينبغي أن تنجح مع الأنواع المختلفة.

***Conserv. Biol.* http://doi.org/87v (2015)**

العلوم البيئية

مواد كيميائية تعوق الميكروبات آكلة النفط

ربما أسفرت المشتّتات الكيميائية المضافة إلى النفط المتسرب من كارثة ديب ووتر هورايزن في 2010 بخليج المكسيك (**في الصورة**) عن



DANIEL BELTRÁ/GREENPEACE

فارق ضئيل في معدلات تحليل الميكروبات للنفط.

تجزِّئ المشتّتات الزيتَ إلى قطرات صغيرة؛ لتساعد الميكروبات التي تعيش في البحر على تحليله إلى مدى أبعد. ولدراسة تأثير المواد الكيميائية على الميكروبات، صنعت سامانثا جوي وزملاؤها ـ بجامعة جورجيا في أثينا ـ مخاليط معبأة من مياه البحر، والنفط، والمشتّتات، تحاكي الظروف البيئية أثناء التسرب.

لقد هيمن على خليط النفط ومياه البحر النوع البكتيري *Marinobacter*، الذي يمكنه أن يحلل مجموعة واسعة من المواد الهيدروكربونية، لكنّ تجمُّعات البكتيريا انخفضت عند إضافة مشتِّت، بينما ازدادت وفرة بكتيريا *Colwellia*، التي تحلل المشتّتات. ولم يبدُ أن إضافة المشتّتات غيّرت معدل تكسير الهيدروكربونات في العينات المعبأة.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/89f (2015)**

الأحياء المجهرية

مضادات حيوية تزيد الأمر سوءًا

قد تساعِد مضادات حيوية مُمْرِضًا مقاوِمًا للأدوية على تفاقم الالتهاب.

تقاوم البكتيريا *Staphylococcus aureus* المقاومة للميثيسيلين (MRSA) معظم المضادات الحيوية بيتا لاكتام؛ من خلال اكتساب بروتين يعدّل جدار الخلية. اعتقد ديفيد أندرهيل وجورج ليو وفريقهما ـ بالمركز الطبى سيدارز-سيناى في لوس أنجيليس، كاليفورنيا ـ أن هذا التعديل قد يعزز أيضًا إنتاج جزيئات التهابية، تُسمى السيتوكينات في العائل. وعرّض الباحثون خلايا مناعية بشرية وأخرى لفأر لبكتيريا MRSA؛ ووجدوا أن الخلايا العائلة أنتجت مستويات أعلى من سيتوكين يُسمى IL–1β عندما نمت بكتيريا MRSA في ظل وجود بيتا لاكتام.

في الفئران، تَسَبَّب العلاج باستخدام بيتا لاكتام في أن يغمر المزيد من الخلايا المناعية موقع عدوى بكتيريا MRSA بالجلد، مما أدى إلى مزيد من الالتهاب، وخراجات أكبر من الفئران المصابة ببكتيريا MRSA، التي لم تُعالَج بالمضاد الحيوي.

يقول الباحثون إن التهابات بكتيريا MRSA لا تزال تُعالَج في بعض الأحيان باستخدام بيتا لاكتام، لكن

يجب استخدامها مع فئات أخرى من المضادات الحيوية.
Cell Host Microbe **18, 604–612 (2015)**

علم المواد

تشكيل صفيحة بورون ثنائية الأبعاد

أنتَج باحثون شكلًا ثنائي الأبعاد من البورون، وأظهروا أنه يعمل مثل أشباه الموصِّلات. يتميز الجرافين (الشكل الرقيق الذري للكربون)، وغيره من المواد المصنوعة من السيليكون، والفوسفور، بخصائص كهربية مرغوبة، قد تكون مفيدة في مجال الإلكترونيات. في العمل النظري، كانت أشكال البورون ثنائية الأبعاد واعدة. ومن أجل إنتاج طبقة أحادية بلورية ثنائية الأبعاد من البورون، رسّب جوان تاي وزملاؤه ـ بجامعة نانجنج للملاحة الجوية والفضائية في الصين ـ ذرات البورون على سطح نحاسي.

أظهر الباحثون أن المادة ثنائية الأبعاد لها خصائص إلكترونية وبصرية، ربما تكون مفيدة في بناء أجهزة معينة، مثل أجهزة الليزر، والأغشية الرقيقة للألواح الكهروضوئية.
Angew. Chem. Int. Edn **http://doi. org/f3jsqh (2015)**

علم المواد

موصِّل فائق رقيق جدًّا

توجد طبقة من ثنائي سيلينيت النيوبيوم ($NbSe_2$)، سُمْكها مجرد بضع ذرات، يمكنها توصيل الكهرباء بمقاومة تبلغ صفرًا.

تَفْقِد غالبية المواد فائقة التوصيل ثلاثية الأبعاد هذه القدرة بمجرد وجودها في شكل ثنائي الأبعاد. فقد درس ميجيل أوجيدا ـ من مركز "نانوجون" nanoGUNE للأبحاث في سان سباستيان، إسبانيا ـ ومايكل كرومي ـ من جامعة كاليفورنيا في بيركلي ـ وزملاؤهما سلوك الإلكترونات في طبقة واحدة من $NbSe_2$، التي نمت على طبقة ثنائية من كربون، سُمْكُه ذَرَّة واحدة. وعندما خفَّض الباحثون درجة الحرارة إلى أقل من 271- درجة مئوية، انخفضت مقاومة المواد إلى صفر. يقول الباحثون إن النتائج تؤكد أن $NbSe_2$ هو موصل فائق حقيقي ثنائي الأبعاد، وهو من فئة من المواد التي يمكن أن تُستخدم يومًا ما في أجهزة الكمبيوتر الكمية الصغيرة، وغيرها من الأجهزة.

شهد الفريق أيضًا تموجات في كثافة الإلكترونات، عندما كانت المادة فائقة التوصيل، وهو تأثير تتوقع نظريات معينة أنه غير ممكن.
Nature Phys. **http://doi.org/89g (2015)**

علم الأعصاب

أدوية ألزهايمر تجعل العقول تطنّ

فشلت أدوية عديدة مرشَّحة لعلاج مرض الألزهايمر في تحسين الإدراك في التجارب الإكلينيكية البشرية. وأحد أسباب ذلك.. قد يكون أنها تفاقِم العيوب العصبية، على الأقل في الفئران.

هذه العقاقير هي أجسام مضادة، تم تصميمها بغرض التقيد بالبروتين أميلويد-β، وتقليل مستوياته، حيث يتراكم في أدمغة الأشخاص الذين يعانون من مرض الألزهايمر. وقد استخدم مارك أوريل بوشي، وآرثر كونّرث وزملاؤهما ـ بالجامعة التقنية في ميونخ في ألمانيا ـ تصوير أدمغة فئران عالي الدقة؛ لرصد كيف تؤثر الأجسام المضادة على النشاط العصبي. وفي نموذجي فأر لمرض الألزهايمر، زاد نوعان مختلفان من الأجسام المضادة عدد الخلايا مفرطة النشاط الكهربائي في القشرة، مما زاد من تدهور وظائف الدماغ، مقارنة بالحيوانات غير المعالَجة.

يقول الباحثون إن النتائج تشير إلى حاجة أكبر إلى اختبار كيف تؤثر العلاجات الجزيئية على وظيفة العصبونات في أدمغة الحيوانات الحية.
Nature Neurosci. **http://dx.doi. org/10.1038/nn.4163 (2015)**

علم الفيزياء

دراسة أنماط فرقعة بالون

عندما تنفجر البالونات، فهي إمّا أنْ تنشقّ على امتداد خط واحد، أو تتمزق إلى قطع عديدة، إذا ارتفعت إلى ضغط عال.

فقد ثقب سباستيان موليني، ومختار أدا-بديا ـ من مدرسة المعلمين العليا في باريس ـ بالونات مطّاطيّة، واستخدما كاميرا عالية السرعة؛ لتصوير عملية الفرقعة، التي تستمر لمدة أقل من 0.1 ملِّي ثانية. يَعتمد الضغط داخل الغشاء على ضغط البالون الداخلي، وعلى سُمْك الغشاء، وانحنائه. ووجد الباحثان أنه مع زيادة الضغط على الغشاء، انتشر شق واحد بسرعات عالية. وفوق مستوى العتبة، تَشَعَّب الشقّ إلى ما يصل إلى عشرات الشقوق؛ لتبديد الضغط بسرعة، حيث نَجَمَت عنه قِطَع عديدة من البالون.

يقول الباحثان إن مبادئ مماثلة قد تتسبب في انتشار الشقوق الشبيهة بالشجرة في عمليات تتراوح مِن تحطُّم أنوية الذرات إلى اصطدام الكويكبات.
Phys. Rev. Lett. **115, 184301 (2015)**

سلوك الحيوان

سَمَك يَقتل مِن أعلى

تستطيع السمكة الإبرية أن تقفز من البحر، وتغوص إلى أسفل مجددًا؛ لمهاجمة فرائسها من السمك الصغير من أعلى، وهي المرة الأولى لرصد هذا السلوك في السَّمَك.

فقد راقب إيان تيبيتس وزملاؤه ـ بجامعة كوينزلاند في أستراليا ـ السمكة الإبرية *Tylosurus gavialoides* (**في الصورة**) وهي تطارد فريسة كانت في مياه ضحلة مزدحمة في موقعين قبالة ساحل ولاية كوينزلاند. تهاجم السمكة الإبرية عادةً الفريسة الموجودة في نطاق 50 سنتيمترًا تقريبًا مِن جسمها، لكن الهجمات الجوية بسطت مداها إلى أكثر من مترين. ومنعت هذه الهجمات الجوية السمكةَ الفريسةَ من الهرب إلى السطح، والقفز للفرار، وهذا ما تفعله عندما تتعرض للهجوم من تحت سطح الماء.

ويرى الباحثون أن السمكة الإبرية ربما تستغل تأثيرًا بصريًّا يُسمَّى "نافذة سنيل" ـ يحدّ الرؤية من خلال سطح الماء ـ لإخفاء اقترابها.
J. Fish Biol. **http://dx.doi. org/10.1111/jfb.12799 (2015)**

AUSTRALIAN NATL FISH COLL, CSIRO

اختيـــار المجتمـــع
الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

نِقاش حول مبادرات البيومات المكروبّة

يحتاج الباحثون الدارسون لمجتمعات الميكروبات إلى بذل جهد أكبر. هذه هي الحجة التي ساقها مقالان نُشِرا في 28 أكتوبر في دوريتي "ساينس"" و"*Nature*"، اللتين دَعَتَا إلى مبادرات وطنية ودولية، من شأنها توحيد باحثي الميكروبيوم، والدفع بالحقل إلى الأمام. قد تساعد مبادرات الباحثين على تطوير طرق موحدة أفضل؛ لدراسة المجتمعات الميكروبية، بحيث يتمكن العلماء من إجراء مقارنات مُجْدِية بين مجموعات البيانات عبر دراسات مختلفة، لكنْ هناك علماء أبدوا تشككًا، حيث قال نِك لومان ـ عالِم الوراثة البكتيرية في جامعة برمنجهام، المملكة المتحدة ـ في تغريدة له: "مجرد الدعوة إلى معايير، والتبادل الموحد للبيانات، لن يؤديا إلى تحقيق ذلك".

أمّا أنصار المقالين، فيقولون إنهما مجرد نقطة بداية؛ لمناقشة أوسع في هذا المجال. ويأمل عالِم البيئة الميكروبية جاك جيلبرت ـ من جامعة شيكاغو في ولاية إلينوي، والمؤلف المشارِك في مقال "ساينس" ـ أن تحفِّز المقترحات والمداولات على الإنترنت إجراء مزيد من المناقشات، ووضع برامج بحثية جديدة. يقول جيلبرت: "لا أحد يقول إننا سوف نحوِّل جذريًّا طريقة إنجازك للعِلْم. إنّ ما نقوله هو أننا سوف نحوِّل جذريًّا طريقة تمويل العِلْم، وطريقة تنفيذ العلوم متعددة التخصصات. أمّا ما نفعله، فهو مجرد طرح للموضوع؛ لمناقشته".
Science **350, 507–508 (2015);** ***Nature*** **526, 631–634 (2015)**

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/jugvhd

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم المياه

الموارد المائية التي تغذيها الثلوج مهدّدة

يتهدد جنوب غرب الولايات المتحدة، وشبه الجزيرة الإيبيرية، وأجزاء من الشرق الأوسط، ومناطق أخرى خطر نقص المياه الموسمي، الناجم عن تناقص تساقط الثلوج في ظل احترار المناخ.

فقد بحث جوستين مانكين وزملاؤه ـ بجامعة كولومبيا في نيويورك ـ توقعات من نماذج مناخية مختلفة؛ لتحديد كيف قد يؤثر الاحترار على تساقط الثلوج، والجريان السطحي للنهر في أكثر من 400 حوض كبير في نصف الكرة الشمالي. حَدَّد الباحثون اثني عشر حوضًا ـ أو نحو ذلك ـ تأثرت بالثلوج، وتواجه ـ في جميع النماذج المناخية ـ خطر انخفاض موارد المياه في العقود المقبلة بنسبة 80 - 100% يبلغ عدد السكان الحالي لكل من الأحواض المتأثرة أكثر من مليون شخص، بما في ذلك حوض ريو جراندي، الذي يغطي ولاية تكساس والمكسيك، وحوض إيبرو–دويرو في إسبانيا، وحوض العاصي في لبنان وسوريا.

Environ. Res. Lett. **10, 114016 (2015)**

علم البيئة

إنقاذ ضفادع من فِطْر قاتل

خَلَّص علماء أحياء أحدَ أنواع الضفادع البرية من مرض فطري فتّاك، يهدد البرمائيات في أنحاء العالم.

لقد أباد أحد الفطريات *Batrachochytrium dendrobatidis* عديدًا من أنواع الضفادع والعلاجيم. وأزال جايمي بوش وزملاؤه ـ بالمتحف الوطني الإسباني للتاريخ الطبيعي في مدريد ـ الضفادع الصغيرة من أجساد الذكور (*Alytes muletensis*؛ **في الصورة**) من بِرَك في جزيرة مايوركا الإسبانية، وعالجوها في المختبر بعقار يقتل الفطر. كما أفرغ الباحثون البِرَك، ورَشُّوها بمطهر، قبل إرجاع الشراغف. اختفى الفطر في أربعة أحواض معالَجة من أصل خمسة لمدة عامين. ويقول الباحثون إن الطريقة قد تنجح في بعض الموائل فقط.

Biol. Lett. **11, 20150874 (2015)**



العلوم البيئية

الخسائر البيئية للبنية التحتية الأفريقية

تهدِّد مشروعات التنمية الضخمة ـ مثل الطرق، والسكك الحديدية المزمع تشييدها، أو التي يجري العمل عليها بالفعل في أفريقيا ـ مساحات كبيرة من النظم البيئية. فقد حَدَّد وليام لورانس وزملاؤه ـ بجامعة جيمس كوك في كيرنز، أستراليا ـ 33 "ممر تنمية" يجري تطويرها، أو التخطيط لها، إضافة إلى التجمعات السكانية والأراضي المحيطة بها. ووجد الباحثون أن هذه الممرات سوف تمتد إلى مسافة 53 ألف كيلومتر، وتخترق 408 مناطق محمية، حيث سيقطع 29 منها ممرَّين، أو أكثر.

يُبرَّر إنشاء الممرات غالبًا على أساس فوائدها للإنتاج الزراعي، لكنْ تَبَيَّن للفريق أن لخمسة منها فقط أثرًا بيئيًّا منخفضًا، وفائدة زراعية كبيرة، على حد سواء. وسوف تضرّ ستة ممرات بمناطق ذات قيمة حِفاظ عالية، وسوف تجلب منافع زراعية منخفضة، أمّا بقيتها، فسوف يأتي بعوائد "هامشية" فقط. وقد تسبِّب مشروعات تنمية عديدة أضرارًا خطيرة، لا مفرّ منها.

Curr. Biol. **http://doi.org/9kg (2015)**

علم الكواكب

قمر المريخ سوف يتحطم

سوف يتفتت "فوبوس"، أحد قمري المريخ، بعد حوالي 20 مليون إلى 40 مليون سنة من الآن، وسوف يشكِّل حطامه الحلقة الكوكبية الوحيدة في النظام الشمسي الداخلي.

أدلى بنيامين بلاك، وتوشار ميتال ـ من جامعة كاليفورنيا، بيركلي ـ بهذه التوقعات، عن طريق تحليل قوى المَدّ وغيرها من القوى التي تسحب قمر فوبوس حاليًّا نحو المريخ. وباستخدام نموذج جيولوجي لكيفية تماسك الصخور، حسب الباحثان أن القمر سوف يتمزق، قبل أن يصطدم بالكوكب. ومِن المقرر أن تظل الحلقة الناتجة مستقرة لمدة مليون إلى 100 مليون سنة، وفقًا لما أعلنه الباحثون.

Nature Geosci. **http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2583 (2015)**

جيوفيزياء

دوران صهارة الأرض

ربما أثّر الدوران السريع للأرض في وقت مبكر على طريقة تصلُّب الكوكب. فقبل حوالي 4.5 مليار سنة، كانت الأرض ساخنة للغاية، ويغطيها محيط صهارة منصهرة، وتكمل دورة كاملة في غضون ساعات قليلة. وحسب كريستيان ماس، وأولريش هانسن ـ من جامعة مونستر في ألمانيا ـ أن الدوران السريع قد أثّر على كيفية استقرار البلورات من محيط الصهارة، وتشكيل باطن الأرض. استخدم الباحثان نموذجًا ثلاثي الأبعاد؛ لتكوين بلورات السيليكا في الصهارة، ووجدا أن معدل الدوران السريع أنشأ طبقة بلورات، استقرت على بُعْد أعمق تحت القطبين من خط الاستواء.

يقول الباحثان إن هذا ربما لعب دورًا رئيسًا في كيفية تصلُّب طبقة وشاح الأرض من محيط الصهارة في نهاية المطاف.

J. Geophys. Res. Solid Earth **http://dx.doi.org/10.1002/2015JB0121053 (2015)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية





علم الجينوم

جينوم يبيّن تطور أبو بريص

يلمّح الجينوم الأول لنوع من أنواع أبو بريص إلى أساس قدرة تلك الأنواع على تجديد نمو ذيولها، وتسلُّق الجدران.

يسكن أكثر من 1,400 نوع من أبو بريص المناطق المعتدلة في أنحاء العالم. وقد قام فريق بقيادة هوانمينج يانج ـ من معهد بكين لدراسات الجينوم "BGI" في شنتشن ـ وشياوسونج جو ـ من جامعة نانتونج، وكلاهما في الصين ـ تسلسل جينوم أبو بريص شليجل الياباني (*Gekko japonicus*؛ **في الصورة**)، وحددوا أكثر من 22 ألف جين. تبيِّن المقارنات مع جينومات الزواحف والفقاريات الأخرى أن نوع أبو بريص تشعَّب من السحالي الأخرى منذ حوالي 200 مليون سنة، إثر انشقاق قارتين عملاقتين.

يؤوي جينوم أبو بريص عشرات النُّسَخ من جينات بيتا-كيراتين، حيث يتم التعبير عنها في زوائد تشبه الشَّعْر setae، تساعد الحيوان على التشبث بالأسطح العمودية. وتزايَد التعبير عن جينين ينتجان هرمون البروستاجلاندين في أنواع أبو بريص، بعد بَتْر ذيولها، مما يشير إلى دور هذا الهرمون في التجدد.

Nature Commun. **6, 10033 (2015)**

الإلكترونيات الحيوية

مَنْح زهرة قوة رقمية

أدمج باحثون دوائر إلكترونية في أنسجة زهرة، حيث غمر ماجنوس بيرجرين وزملاؤه ـ بجامعة لينكوبينج في نوركوبينج، السويد ـ الطرف المقطوع من جذع زهرة في محلول مائي من "بيدوت" PEDOT؛ وهو البوليمر الموصِّل المستخدَم في الإلكترونيات القابلة للطباعة. سحبت الخاصية الشعرية البوليمر إلى الأنسجة الوعائية للزهرة، حيث انفصل عن المحلول، وتَجَمَّع ذاتيًّا في أسلاك، بلغ طول بعضها 10 سنتيمترات. وعن طريق ربط مسابير من الذهب مطلية ببوليمر "بيدوت" بالأسلاك، صنع الباحثون ترانزستورات فردية، وأثبتوا وجود دائرة رقمية بسيطة. وكان الأداء الكهربائي للترانزستورات على قدم المساواة مع دوائر "بيدوت" المطبوعة التقليدية.

يقول الباحثون إنه يمكن استخدام هذه التكنولوجيا في نهاية المطاف؛ لتسجيل فسيولوجيا النبات، أو تنظيمها.

Sci. Adv. **1, e1501136 (2015)**

علم القياس الكَمِّي

أشعة ليزر تكشف ارتعاشًا كَمِّيًّا

يمكن استخدام نبضات الليزر فائقة السرعة للكشف عن حركة ذَرَّة واحدة، بدءًا من التذبذبات النشطة إلى الارتعاش الكَمِّي.

فقد حاصر كال جونسون وزملاؤه ـ بجامعة ماريلاند في كوليج بارك ـ أيونات الإيتربيوم، وضربوها بنبضات ليزر، طولها 10 بيكو ثانية فقط. أعطت النبضات الذَّرَّة دفعات صغيرة في الزخم بمقادير مختلفة، اعتمادًا على حالتها الداخلية. وأدَّى ذلك إلى نشوء حالة جديدة ترمِّز حركة الذَّرَّة الأصلية. وبعد سلسلة أخرى من النبضات، لاحظ الباحثون ضوءًا فلوريًّا من الذَّرَّة؛ أتاح لهم قياس حركتها الكمية.

يقول الباحثون إن التقنية يمكن أن تكون مفيدة لحواسب الكَمّ المستقبلية المعتمِدة على أيونات محاصرة.

Phys. Rev. Lett. **115, 213001 (2015)**

علم الغلاف الجوي

تدمير الأوزون في مناخ المستقبَل

قد تتضاعف قدرة أحد الغازات الرئيسة المدمِّرة لطبقة الأوزون، بسبب تغيُّر المناخ في المستقبَل.

يؤدي أكسيد النيتروز (N_2O) إلى تدمير الأوزون، من خلال تفاعلات كيميائية مختلفة في طبقة الستراتوسفير، وهو الغاز الرئيس المدمِّر لطبقة الأوزون، الذي يَنتُج عن النشاط البشري. فقد حللت لورا ريفيل وزملاؤها ـ بالمعهد الاتحادي السويسري للتكنولوجيا في زيورخ ـ قدرة هذا الغاز على استنفاد الأوزون باستخدام سيناريوهات مختلفة لتغيُّر المناخ في المستقبل. وأظهرت النماذج أن تدمير الأوزون ـ الذي ينطوي على أكسيد النيتروز ـ صار أقل فاعلية، نتيجة التركيزات الأعلى من ثاني أكسيد الكربون والميثان، المتوقع وجودها في الغلاف الجوي بحلول عام 2100. مع ذلك.. وجد الفريق أن تغييرات أخرى في كيمياء الغلاف الجوي، ودرجة حرارته، ودوران الهواء، من المحتمل أن تزيد من قدرة أكسيد النيتروز ـ بحلول عام 2100 ـ على استنفاد الأوزون بمقدار الضعف، مقارنةً بعام 2000.

Geophys. Res. Lett. **http://doi.org/9h2 (2015)**

الأيض

جراحة المعدة تقلِّل شهوة تناوُل الحلوى

هناك عمليات جراحية لإنقاص الوزن يمكن أن تقلِّل من شهوة تناول الحلويات، عن طريق تغيير استجابة الدماغ للناقل العصبي المعروف بالدوبامين.

فقد درَس إيفان دي أراوجو وزملاؤه – بجامعة ييل في نيو هيفن، كونيتيكت – آثار مجازة الاثني عشر الصائمية، التي تعدِّل مسار الطعام من المعدة إلى الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة مباشرة. ووجد الباحثون أن الفئران التي تتغذى جيدًا، ولم تخضع للجراحة، استهلكت المزيد من السكر بعد التعرض السابق المتكرر للحلويات. ولم يتطور هذا الولع بالحلويات في الفئران التي خضعت للجراحة.

أدَّى استهلاك السكر إلى إفراز الدوبامين، حيث يشارك في استجابات المكافأة، لا سيما عندما أُدخل السكر إلى المنطقة العلوية من الأمعاء (المنطقة التي تجاوزتها الجراحة). هذا.. وأعاد تفعيل خلايا استشعار الدوبامين العصبية الرغبةَ الشديدة في الحلوى لدى الفئران التي خضعت للجراحة.

Cell Metab. **http://doi.org/9dm (2015)**

الفيزياء الفلكية

توهُّج مستعر يُظْهِر توأمًا نجميًّا

ربما انْتُزِعت القوة الناتجة عن انفجار نجمٍ مادةً من نجم مداري مُرافِق، تاركة وراءها توهُّجًا مميزًا. فقد رصد علماء فلك ـ لأول مرة ـ الانفجار الهائل للمستعر الأعظم iPTF13ehe في عام 2013. وبعد ذلك بعامين، لاحظوا التوهج اللاحق القادم من سُحُب هيدروجين قريبة. يقول تاكاشي موريا وزملاؤه ـ بجامعة بون في ألمانيا ـ إن هذا الضوء غير المتوقع جاء من مادة انتُزعت من نجم آخر خلال الانفجار الأصلي العنيف. وربما عَصفتْ الطاقة الناتجة من الانفجار بجزء من نجم مُرافِق، يدور في مدار قريب، وجَرَّدته من كتلة من الهيدروجين، قد تبلغ وزن الشمس تقريبًا.

وقد يسفر الفحص الدقيق لانبعاثات الهيدروجين من المستعرات العظمى الأخرى الساطعة بشكل خاص عن تحديد ما إذا كان هذا التألق ينبع من نجوم مُرافِقة، أم مِن مادة موجودة بالفعل في فضاء النجوم المحيط بها.

Astron. Astrophys. **584, L5 (2015)**

اختيار المجتمع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

ثرثرة حول نَسْب الفضل، وذِكْر المؤلفين

تزعج أسئلةُ تأليف الأبحاث العلماءَ على وسائل الإعلام الاجتماعية، مِن مثل: مَن الذي ينبغي أن يُذكر أولًا؟ ومَن الذي يستحق أن يُدرَج في الأساس؟ وعندما يتعلق الأمر بأبحاث بها عديد من المؤلفين، قد تعمّ الفوضى عملية النشر. فعلى سبيل المثال.. عندما وجدت دوروثي بيشوب ـ الطبيبة النفسية من جامعة أكسفورد، المملكة المتحدة ـ نفسها تحاول مراجعة ورقة مشوبة بالأخطاء، قالت في تغريدة: "عندما يحتوي نَصّ كتبه أكثر من 20 كاتبًا على أخطاء نحوية، وأخطاء إملائية، وصفحات بها ترقيم، وأخرى غير مرقَّمة، فإنك تتساءل: كم كاتبًا قرأه في الواقع؟". كان للآخرين وجهة نظر أقل قتامة، فقد كتبت ديردري توهر ـ عالمة الإحصاء في جامعة غرب إنجلترا في بريستول، المملكة المتحدة ـ في تغريدة لها أن لوجستيات إضفاء العديد من الباحثين تغييرات ربما أدَّت إلى الأخطاء، مضيفة أن: "مع وجود هذا العدد من الكُتّاب، فهذا يعني أيضًا أن الناس يفترضون أن مراجعة الأساسيات هي مسؤولية شخص آخر".

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/noociy

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أحداث

تقرير عن تَفَشِّي وباء

طالبَت لجنة مكونة من أطباء وعلماء وخبراء سياسيين بإجراء إصلاحات كبيرة لمنظمة الصحة العالمية، وأنظمة دولية أخرى معنية بالاستجابة الصحية، في أعقاب تفشي وباء الإيبولا، الذي حصد أرواح أكثر من 11 ألف شخص. كانت اللجنة التي شكّلتها جامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، وكلية لندن للصحة والطب الاستوائي قد أصدرت تقريرها في الثاني والعشرين من نوفمبر الماضي (S. Moon *et. al. Lancet* http://doi.org/9gf; 2015). وأوصت اللجنة أيضًا بتنفيذ بعض الإجراءات؛ لتحسين الوقاية من الأوبئة، واكتشافها، والاستجابة لها، والتعجيل بالأبحاث التي تُجرى على الأمراض المسببة لها. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/jxxvs6.

حُكْم لاكويلا

قضت محكمة النقض العليا في إيطاليا ـ في العشرين من نوفمبر الماضي ـ بتأييد قرار تبرئة ستة من علماء الزلازل، وُجهت إليهم اتهامات بالقتل غير المتعمد عقب زلزال لاكويلا، الذي وقع في عام 2009، والذي تسبب في مقتل أكثر من 300 شخص. زعم المدّعون أن العلماء ضللوا سكان البلدة حول مخاطر الزلزال المذكور؛ مما أدى إلى بقائهم في منازلهم، بدلًا من البحث عن أماكن أكثر أمانًا. في بادئ الأمر صدر حكم بالحبس لمدة ستة أعوام ضد العلماء، إلا أن محكمة استئناف في مدينة لاكويلا بَرَّأتهم في نوفمبر الماضي، وخفضت عقوبة بيرناردو دي برناردينيس ـ نائب مدير إدارة الحماية المدنية السابق ـ إلى عامين، بعد ثبوت إدانته. وتم تأييد العقوبة المخففة لبرناردينيس، الذي ما زال يواجه تهمة القتل الخطأ أيضًا.

المادة المظلمة

تم افتتاح أكثر أجهزة الكشف الحساسية للمادة المظلمة في العالم في الحادي عشر من نوفمبر الماضي في مختبر "جران ساسو" الوطني، الذي يديره المعهد الإيطالي الوطني للفيزياء النووية. يُعتقد أن المادة المظلمة تشكل 85% من مادة الكون. والتجربة التي يُطلق عليها "زينون وان تي" XENON1T سترصد 3.5 طن من الزينون السائل؛ لمحاولة الكشف عن كمية الطاقة متناهية الصغر التي تنبعث عند تفاعل المادة المظلمة مع ذرات مادة عادية. يُذكَر أن هذا العمل التعاوني يضم 125 عالِمًا، ومن المتوقع أن تبدأ التجربة في جمع البيانات في نهاية شهر مارس من عام 2016.

منشورات بحثية

ستسمح قاعدة بيانات، قابلة لإجراء عمليات البحث فيها، قريبًا بالتعرف المنهجي على المنشورات التي تم سَحْبها. ستدرَج مُحَدِّدات المنشورات والمقالات من مدونة "ريتراكشن ووتش" في تطبيق ويب، تديره منظمة "سنتر فور أوبن ساينس" في شارلوتسفيل بولاية فيرجينيا، وهي منظمة تَتَبَّع بالفعل الأنشطة البحثية، مثل نشر المسودات البحثية، أو وضع مجموعات البيانات. وسيحتوي المصدر مبدئيًّا على 5 آلاف منشور، وقد أعلنت عنه المنظَّمتان في الرابع والعشرين من نوفمبر الماضي.



JASON REED/REUTERS

شياطين تَسْمانيا تعود إلى البرية

تَسْمانيا لديها الآن أكثر من 39 شيطانًا بريًّا جديدًا، بعد الإفراج الأخير عن دفعة من الأصحاء منهم من محمية "ديفيلز آرك" ـ (في الصورة مدير المحمية، دين ريد) ـ ونقلهم إلى شبة جزيرة فورستيير في الثامن عشر من نوفمبر الماضي. فقد تم إخلاء المنطقة من شياطين تَسْمانيا (*Sarcophilus harrisii*)، بعد اكتشاف سرطان مُعْدٍ، أهلك مجموعات من الحيوان المهدَّد بالانقراض في عام 2004. وتم إنشاء سور يمنع عبور شياطين تَسْمانيا؛ لمنع اختلاط المجموعة الجديدة المعافاة بتلك المصابة بالورم المميت والمُعْدي، الذي يصيب وجه شيطان تَسْمانيا.

لا.. لتكميم الأفواه

أثارت الحكومة الليبرالية الجديدة إعجاب العلماء الكنديين، بعد أول أسبوع من عملها. ففي الخامس من نوفمبر الماضي، أعادت الحكومة سريان نموذج الاستبيان الإلزامي الطويل الخاص بالتعداد السكاني الذي يعتمد عليه العلماء وصناع السياسات؛ للحصول على البيانات الاجتماعية. وفي السادس من نوفمبر الماضي، أنهى وزير الابتكار والعلوم والتنمية الاقتصادية الجديد، نافديب بينز، عهد "تكميم الأفواه" الذي عانى منه العلماء الحكوميون، بإعلانه عدم حاجتهم بعد الآن إلى الحصول على إذن من مسؤولي الاتصالات، للتحدث إلى الإعلام أو الجمهور. أدَّى رئيس الوزراء جاستن ترودو اليمين الدستورية في الرابع من نوفمبر الماضي، وأعلن عن استحداث وزارة جديدة للعلوم، واختيار كريستي دانكن لمنصب الوزير.

أبحاث

توقُّف الانبعاثات

زاد الإنتاج البشري للغازات الدفيئة بنسبة 0.5% فقط في عام 2014، على الرغم من النمو الملحوظ للاقتصاد العالمي، وذلك وفقًا للأرقام المعلَنة في الخامس والعشرين من نوفمبر الماضي. فقد ذكرت وكالة التقييم البيئي في هولندا، ومركز الأبحاث المشترك ـ التابع للمفوضية الأوروبية ـ أن انبعاثات الكربون ارتفعت بنسبة 3-4 %سنويًّا في العقد الأول من القرن الواحد والعشرين، إلا أن هذا النمو تباطأ دراماتيكيًّا على مدار الأعوام الثلاثة الماضية. وتُعتبر الصين هي العامل الأكبر وراء ذلك، حيث أدَّى

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

DAVID DOUBILET/GETTY IMAGES

تباطؤ النمو الاقتصادي فيها، واتجاهها نحو مصادر الطاقة الأكثر نظافة، وتضاؤل الصناعات كثيفة الطاقة إلى انخفاض كثافة طاقة الاقتصاد. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/kphlae.

أعمال

دراسة أسعار الأدوية

يحقِّق مجلس الشيوخ الأمريكي في أسعار الأدوية، والارتفاعات المفاجِئة في الأسعار الناتجة عن عمليات الدمج والشراء. ففي الرابع من نوفمبر الماضي، طلب عضوان بالمجلس الحصول على وثائق من أربع شركات مستحضرات دوائية، خاصة باتصالاتها مع المنظِّمين، وعلى بيانات مفصلة بشأن الأدوية التي اشترتها تلك الشركات من الشركات الأخرى. وأهم التحقيقات التي تُجرى مع شركة "تورينج فارماسوتيكالز" ـ الواقعة في مدينة نيويورك سيتي ـ هي تلك التي تسببت في احتجاجات عنيفة في شهر سبتمبر الماضي، عندما اشترت دواء بايريميثامين (دارابريم) المضاد للطفيليات، ورفعت سعره بأكثر من 5,000% قال الرئيس التنفيذي لشركة "تورينج"، مارتن شكريلي، إن الشركة في الغالب ستخفِّض سعر الدواء بنسبة 10% قبل نهاية هذا العام.

سياسات

حماية الحاجز المرجاني

قال وزير التنمية بمقاطعة كوينزلاند بأستراليا إن القوانين التي تم تمريرها في الثاني عشر من نوفمبر الماضي في برلمان كوينزلاند ستحمي "الحاجز المرجاني العظيم"، (**في الصورة**)، من عمليات التطوير التي تُجرى بالموانئ. تحظر القوانين إلقاء أي من المواد، المزالة عن طريق التكريك من الموانئ بالمنطقة، في البحر، كما تمنع تطوير أي موانئ جديدة داخل منطقة الحاجز المرجاني التابعة لمواقع التراث العالمي. تشكل القوانين الجديدة جزءًا من الالتزامات الأسترالية بحماية المنطقة المرجانية، بعد أن كانت منظمة الأمم المتحدة للتعليم والعلوم والثقافة تفكر في تصنيف الحاجز ضمن المناطق "المهددة". وقد أثارت تلك الخطط التي تهدف إلى التخلص من المواد المزالة بالكراكات عن طريق إلقائها بالقرب من الحاجز المرجاني الكثيرَ من الجدل خلال الأعوام الأخيرة، ورحبت المجموعات المهتمة بحماية البيئة بالقوانين التي صدرت في الأسبوع الثاني من نوفمبر الماضي.



التنقيب في الفضاء

مَرَّر مجلس الشيوخ الأمريكي ـ في العاشر من نوفمبر الماضي ـ "قانون الفضاء" لعام 2015، الذي يعطي المواطنين الأمريكيين حق امتلاك أي من المواد التي يحصلون عليها من الكويكبات، أو أي موارد فضائية أخرى. مع ذلك.. على المنقِّبين في الفضاء الالتزام أيضًا بمعاهدة الفضاء الخارجي لعام 1966، وهي اتفاقية دولية تنص على أن "الفضاء الخارجي لا يخضع للتملك الوطني بادِّعاء السيادة". كما يمدّ القانون فترة استخدام محطة الفضاء الدولية من عام 2020 حتى عام 2024 على الأقل.

تمويل

تَرَقُّب تمويل الأبحاث

ترقَّب العلماءُ ـ بكثير من القلق ـ التقرير الخاص بمستقبل كبرى هيئات تمويل الأبحاث بالمملكة المتحدة، الصادر في التاسع عشر من نوفمبر الماضي، الذي يقترح إنشاء منظمة رئيسة قوية، تُسمى "ريسيرش يو كيه" Research UK؛ لإدارة الهيئات. وقد أُعد التقرير بقيادة المتخصص في علم الوراثة، الحائز على جائزة "نوبل" بول نيرس. وخشي معظم العلماء من أن يوصي التقرير بعمل دمج كامل للهيئات البحثية، التي توزع مجتمِعةً حوالي 3 مليارات جنيه استرليني (4.6 مليار دولار أمريكي) من التمويل البحثي الحكومي كل عام. ويوصي نيرس بأن تُوكَل إدارة "ريسيرش يو كيه" إلى باحث ذي خبرة، لأنه في الواقع سيكون رئيسًا لمديري سبع هيئات مختلفة المجالات. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/2rwzeu.

إنقاذ الزيتون

أعلنت المفوضية الأوروبية عن تخصيص مبلغ قدره 7 ملايين يورو (7.5 مليون دولار أمريكي) لأبحاث تهدف إلى دراسة البكتيريا المُمْرِضة الشرسة *Xylella fastidiosa* التي تصيب النباتات، وتتسبب في تدمير مساحات من أشجار الزيتون في منطقة بوجليا في جنوب إيطاليا. سترِكِّز الدعوة البحثية على طرق الكشف والتحكم. وبالرغم من أن الوباء ـ الذي وصل أيضًا إلى بعض المناطق في فرنسا ـ يشكل تهديدًا خطيرًا لاقتصاد دول الاتحاد الأوروبي، إلا أنه حصل على تمويل بحثي ضئيل حتى الآن. من ناحيتها، تعهدت الحكومات الإقليمية والوطنية الإيطالية بتخصيص 6 ملايين يورو لأبحاث البكتيريا *X. fastidiosa*.

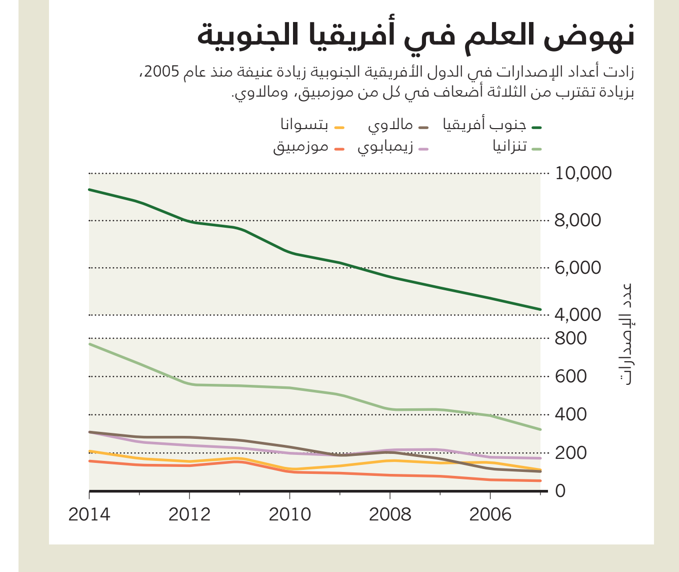
تحالُف هندي

أطلق وزير تنمية الموارد البشرية الهندي ـ في الخامس من نوفمبر الماضي ـ تحالفًا بحثيًّا، يجمع بين الستة عشر معهدًا هنديًّا للتكنولوجيا (IITs)، والمعهد الهندي للعلوم (IISc)، الواقع في بنجالور. وبرنامج "تأثير الإبداع البحثي والتكنولوجيا" IMPRINT هو أول مبادرة في البلاد تجمع بين المعاهد الهندية للتكنولوجيا جميعها، والمعهد الهندي للعلوم. وموضوعات البرنامج العشرة تتسع لتشمل عدة مجالات، بدءًا من الموارد المائية والأنظمة النهرية، وصولًا إلى التكنولوجيا النانوية. والميزانية المبدئية للمبادرة هي عشرة بلايين روبية هندية (ما يعادل 150 مليون دولار).

مراقبة الاتجاهات

أبرز التقرير العلمي الأخير لمنظمة "اليونسكو" التقدم المدهش الذي أحرزته دول أفريقيا جنوب الصحراء في مجالات العلوم والتكنولوجيا والإبداع. فقد زادت أعداد الإصدارات في الخمس عشرة دولة الأعضاء في "مجموعة تنمية الجنوب الأفريقي" منذ عام 2005، حتى عام 2014. حيث تضاعفت أعداد المقالات بما يقارب الثلاثة أضعاف في كل من ملاوي، وموزمبيق، وبمعدل يزيد على الضعف في جنوب أفريقيا، وتنزانيا. يشير التقرير الصادر في العاشر من نوفمبر الماضي إلى جهود ملاوي الكبيرة التي تبذلها لجذب الاستثمارات الأجنبية، وزيادة الإنفاق العلمي؛ لتعويض النقص في الموارد الطبيعية.

SOURCE: UNESCO SCIENCE REPORT



أخبــار في دائرة الضـوء

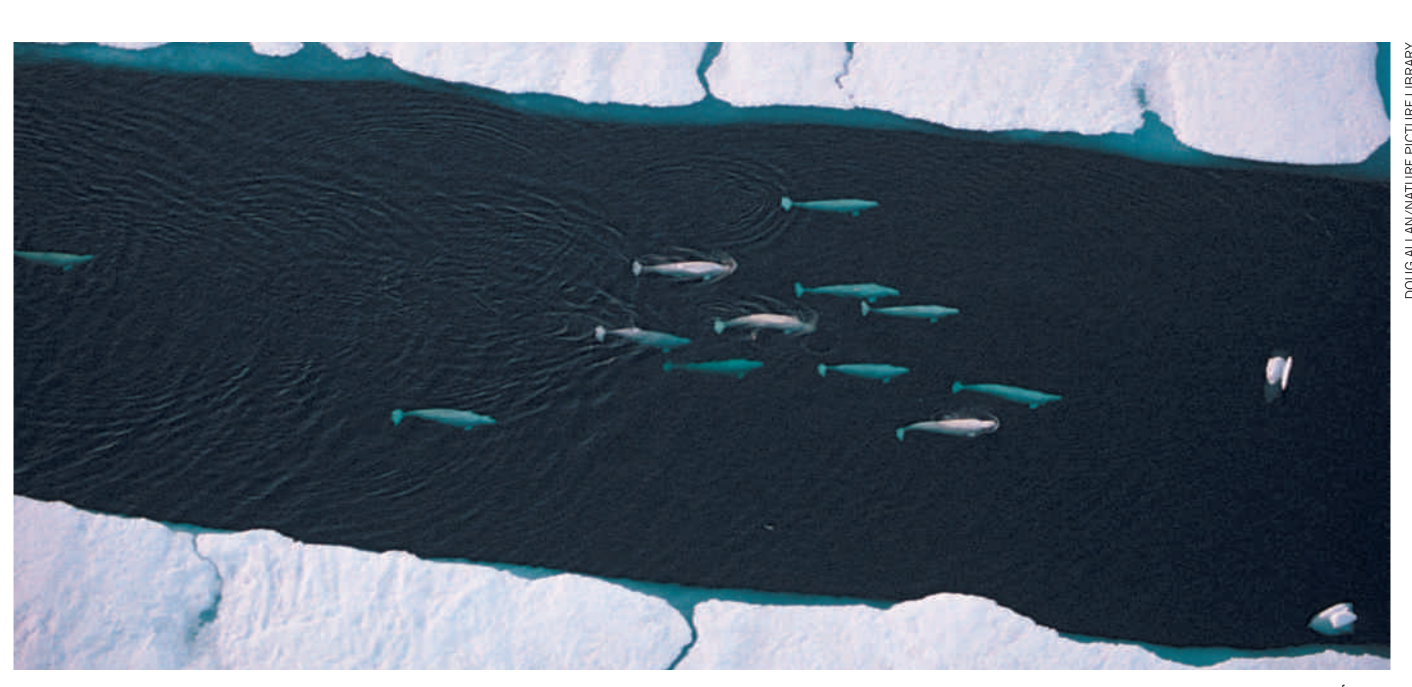
علم الأرض البعثة الاستكشافية للمحيط الهندي تستأنف الحَفْر في قشرة الأرض **ص. 20**

فضاء يأمل الباحثون في فَهْم ما يقرب من 2,000 عالَم، عُثر عليها خارج نظامنا الشمسي **ص. 22**

بيئة الدفعة الأولى من مشروعات المساعدات تثير المخاوف بشأن إدارة الأموال المخصَّصة للدول النامية **ص. 25**

محادثات مؤتمر باريس للمناخ هل يمكن للدول أن تَتَّحِد؛ لإنقاذ مناخ الأرض؟ **ص. 29**





DOUG ALLAN/NATURE PICTURE LIBRARY

يُعتقد أن الحيتان البيضاء واحدة من الأنواع التي تَستخدِم المجال المغناطيسي الضعيف للأرض؛ لتحديد اتجاهات الإبحار.

كيمياء حيوية

«البوصلة الحيوية».. كَشْف طال انتظاره

يقدم مُركَّب البروتين المعقَّد تفسيرًا للكيفية التي تشعر بها الحيوانات بالجاذبية المغناطيسية للأرض.

ديفيد سيرانوسكي

يقول علماء صينيون إنهم وجدوا بداخل خلايا ذباب الفاكهة إبرة لبوصلة حيوية، وهي بمثابة مركّبات بروتين معقدة، عصوية الشكل تتجاوب مع المجال المغناطيسي الضعيف للأرض. والبوصلة الحيوية ـ التي يدخل مكوِّنها الأساسي «البروتين» في تركيب أنواع حية أخرى، منها الإنسان ـ تستطيع تفسير لغز قديم، وهو كيف تشعر الحيوانات ـ مثل الطيور والحشرات ـ بالمغناطيسية. ومحتمل أيضًا أن تكون البوصلة الحيوية أداة عديمة النفع، فيما يخص استخدام المجالات المغناطيسية، بغرض التحكم في الخلايا، وذلك حسب ما ذكره بعض الباحثين بقيادة زِي كان، عالِم الفيزياء الحيوية في جامعة بكين في بكين، وذلك في بحث علمي ورَد في 16 نوفمبر في دورية *Nature Materials* (S. Qin *et al*. *Nature Mater*. http://doi.org/89v; 2015).

وقد قال بيتر هور، عالِم الكيمياء الحيوية في جامعة أكسفورد في المملكة المتحدة في هذا الصدد: «إنها ورقة علمية استثنائية»، لكن فريق زِي لم يكن قد أوضح كيف يتحرك المُركَّب مثل البوصلة داخل الخلايا الحية، ولم يشرح بالضبط كيف يشعر المُركَّب بالمغناطيسية. كما أضاف في هذا السياق ديفيد كايس، عالِم الأعصاب، الذي يدرس الاستقبال المغناطيسي في معهد الأمراض الجزيئية في فيينا: «إما أنه بحث علمي مهم جدًّا، أو خطأ تمامًا. وأنا أشكّ في الأمر الثاني»، حيث إن كائنات حية عديدة ـ متنوعة بين الحيتان، والفراشات، والنمل الأبيض، والحَمَام، وغيرها ـ تَستخدِم المجال المغناطيسي للأرض؛ للتنقل، أو لتوجيه نفسها خلال المكان، لكنّ التقنية الجزيئية وراء هذه المقدرة المعروفة بالاستقبال المغناطيسي غير واضحة.

وقد أشار بعض الباحثين إلى بروتينات حساسة مغناطيسيًّا تسمى «كريبتوكروم»، أو اختصارًا «Cry»، فمثلًا ذباب الفاكهة الذي يفتقر إلى هذه البروتينات يفقد حساسيته للمجالات المغناطيسية، لكن زي يقول إن بروتينات Cry وحدها لا يمكن أن تكون بمثابة بوصلة، لأنها لا تستطيع الإحساس بقطبية المجالات المغناطيسية (اتجاه الشمال والجنوب). ويَعتقد آخرون أن المسؤولة عن ذلك هي المعادن المستخلَص منها الحديد، ومنها مادة الماجنتيت، وهو شكل من أكسيد الحديد، يوجد في خلايا منقار الحمام الزاجل. وحتى الآن، تبين الدراسات أن الماجنتيت لا يلعب أي دور في الاستقبال المغناطيسي للحمام.

يقول زي إنه وجد بروتينًا في ذباب الفاكهة يرتبط مع الحديد، ويتفاعل مع بروتينات Cry، ويُسمى CG8198، حيث يربط ذرات الحديد مع الكبريت، ومُتضمَّن في إيقاعات متكررة يوميًّا في ذبابة الفاكهة. ويتعاون هذا البروتين مع بروتينات Cry؛ مكونًا «إبرة» في حجم النانو، وهي مركز بوليمرات بروتين CG8198، وشبيهة بالعصا، وعليها طبقة خارجية من بروتينات Cry التي تلتف حول المركز. وباستخدام المجهر الإلكتروني، رأي فريق زِي تجمعات من هذه العصي، توجِّه نفسها في مجال مغناطيسي ضعيف بالطريقة نفسها لعمل إبر البوصلة. وقد قام زي بمنح بروتين CG8198 اسمًا جديدًا، هو MagR، اختصارًا للمستقبِل المغناطيسي.

قدَّم الاكتشاف للعلماء إمكانية استخدام المجالات المغناطيسية؛ للتحكم في الخلايا. وخلال السنوات العشر الماضية، سيطر العلماء على مقدرة الحساسية للضوء لبعض البروتينات، بغرض معالجة الخلايا العصبية، وذلك غالبًا ◄

بإدخال أسلاك ألياف ضوئية مباشرة إلى الدماغ، وهي أداة يُطلق عليها الوراثيات البصرية، لكن البروتينات ذات الحساسية للمغناطيسية لديها ميزة بأنها يمكن معالجتها باستخدام مجالات مغناطيسية خارج الدماغ.

ويَدَّعي تشانج شينج جيا ـ عالِم الأعصاب بجامعة تسينجهوا في بكين ـ أنه قد أثبت بالفعل قدرة «الوراثيات المغناطيسية». وقد قدَّم تصورًا مسبقًا مفاجئًا في سبتمبر الماضي لعمل زي وفريقه، حينما نشر بحثًا علميًّا لتقرير استخدام البوصلة الحيوية؛ لمعالجة الخلايا العصبية في الديدان، (X. Long *et al*. *Sci*. *Bull*. http://doi.org/883; 2015)، لكنّ زِي وآخرين قدموا شكوى بأن نَشْر تشانج المبكر قد انتهك اتفاقية التعاون بين الباحثين ـ ويوجد نزاع على التفاصيل ـ وقد طلب أن يتم سَحْب هذا النشر. وفي شهر أكتوبر الماضي، تم إعفاء تشانج من وظيفته في الجامعة، ومازال يطعن في هذا القرار، (انظر: *Nature* http://doi.org/882; 2015).

وقد أضاف زي قائلًا إنه في شهر إبريل الماضي قدَّم طلب براءة اختراع صيني، يتضمن استخدام الوراثية المغناطيسية، وقدرة البروتين المغناطيسية؛ لمعالجة الجزيئات الكبيرة. وقد بدأ أيضًا بالنظر إلى تركيب بروتينات MagR في الحيوانات الأخرى، متضمنةً البشر. وقد رأى أن التنوع في النسخة البشرية لبروتينات MagR يُحتمل أن يرتبط بالاختلافات في إحساس الأشخاص بالاتجاه.

آراء المتشككين

بعض العلماء لم يقتنعوا بأن وظيفة الإبر الحيوية مماثلة لوظيفة البوصلة في الكائنات الحية. وقد أوضح فريق زِي أن بروتينات MagR، وCry يتم إنتاجها في الخلايا نفسها لشبكية عين الحمام، وهو مركز الإحساس بالمجال المغناطيسي المفترَض في الطيور، لكن كايس يقول إن كلًّا من بروتينات MagR وCry موجودة في خلايا عديدة. وتابَع قائلًا: «إن وجود مثل هذه الكمية الصغيرة من الحديد تجعل الفرد يتساءل عمّا إذا كانت بروتينات MagR في الجسم الحي قادرة أصلًا على امتلاك الخصائص المغناطيسية في درجات الحرارة الفسيولوجية، أم لا». وأضاف بثقة: «إذا كانت بروتينات MagR هي مستقبِلات مغناطيسية حقيقة، فسوف آكل قبعتي».

«إذا كانت بروتينات MagR هي مستقبلات مغناطيسية حقيقة، فسوف آكل قبعتي».

يأمل زي أن يدعم الآخرون نظريته بإجراء المزيد من التجارب، مثل تثبيط جين بروتينات MagR في أنسجة معينة لذبابة الفاكهة؛ بغرض معرفة إنْ كانت تؤثر على إحساس الحيوانات بالاتجاه، أم لا. وقد قال إنه نشر بحثه بدون القيام بذلك العمل، لأنه أراد فقط أن يسجل النتائج التي كان يعمل عليها لمدة ست سنوات.

أمّا ما يعرقل بعض الباحثين الآن، فهو عدم وجود آلية محددة لكيفية إحساس مركّب البروتين المعقد بالمغناطيسية، أو احتمال أن يُجْرِي الدماغ معالجة لأي إشارة ترسلها البروتينات. وفي هذا الصدد قال ميشيل وينكلهوفر ـ أخصائي المغناطيسية، وعالِم الأرض في جامعة لودفيج ماكسيميليان في ميونخ في ألمانيا ـ إنه من المحتمل أن يكون نشاط البوصلة الحيوية لبروتينات MagR ناتجًا عن تلوث في التجربة. وأضاف قائلًا إنه يخطط لتجارب؛ لتتبع نتائج فريق زِي، ولو صمدت نتائج فريق زِي؛ فإن اكتشاف بروتينات MagR «سيبدو خطوة أساسية إلى الأمام نحو انهيار الأساسيات الجزيئية للاستقبال المغناطيسي». ■



أفراد طاقم العمل يُنْزِلُون أجهزة حَفْر ضخمة من سفينة مجهَّزة لاختراق قاع البحر.

J. BAYLOR ROBERTS/NATL GEOGRAPHIC/GETTY

علم الأرض

سفينة حَفْــر تستهدف وشــاح الأرض

بعثة المحيط الهندي الاستكشافية تستأنف مهمة الحفر في قشرة كوكب الأرض.

ألكسندر ويتز

كان الروائي جول فيرن على وشك أن يُنفذ هذه الخطة، ألا وهي الحفر في قاع البحر، لمسافة كيلومترات، عبر قشرة الكوكب الصخرية؛ ليخترق الوشاح الكامن الأكثر كثافة. إنها واحدة من المهام الكلاسيكية التي أقرّها علم الجيولوجيا منذ ما يقرب من 60 عامًا، في ذروة ثورة نظرية الألواح التكتونية. وحاول الكثيرون منذ ذلك الحين تحقيق هذا الهدف؛ وفشلوا. وقد واجهت رحلة استكشافية في ديسمبر الماضي هذا التحدي مرة أخرى.

ففي أوائل ديسمبر الماضي، غادرت سفينة الحفر «جويديس ريزولوشن» *JOIDES Resolution* كولومبو في سريلانكا، متوجهة إلى نقطة في جنوب غرب المحيط الهندي، تُعرف بتلال أطلانتس (Atlantis Bank). وهناك، قامت بإنزال مثقاب؛ لمحاولة الحفر خلال 1500 متر من الصخور، مع جمع عيِّنات صخرية لُبِّيَّة أثناء الحفر. وإذا سار كل شيء على ما يرام، فإن البعثات المستقبلية ـ التي لم تُحَدَّد، أو تُمَوَّل بعد ـ سوف تعود؛ لإتمام مهمة الحفر إلى الوشاح (انظر: «الفهم العميق»).

عادةً، يُعتقَد أن حدود القشرة ـ الوشاح الصخري ـ تتميز بظاهرة تُعرف بعدم استمرار موهو (Mohorovičić discontinuity)، أو «موهو» Moho, وتُغَيِّر عندها الموجات الزلزالية سرعتها، ولكن عند تلال أطلانتس، يُعتقد أن الوشاح يبرز إلى مسافة 2.5 كم فوق الموهو، مما يجعل الوصول إليه أيسر.

يقول هنرى ديك ـ من مؤسسة وودز هول لعلوم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



المحيطات بماساتشوستس، وأحد قادة البعثة ـ إن الوصول إلى هذه الحدود العميقة في الأرض يمثل «أحد مساعى القرن العلمية العظيمة».

يقع الموهو على عمق 30-60 كم أسفل القارات، بل أسفل المحيطات، قريبًا بما فيه الكفاية، ليتم الوصول إليه بمعدات الحفر التي تحملها السفن. في حملة الحفر، المسماة مشروع «موهو الحيد البطيء»، أو «سلومو SloMo»، يأمل ديك في الوصول إلى الحدود الفاصلة بين القشرة والوشاح في منطقة تلال أطلانتس، ثم العودة يومًا ما بآلة حفر يابانية حديثة إلى الموهو نفسه على عمق 5 كم، أو أكثر. ويأمل العلماء في الإجابة على أسئلة عميقة عن الكوكب، مثل: كيف يرتفع صخر منصهر من باطن الأرض، ويبرد ليكوِّن قشرة محيطية حديثة تغطي ثلاثة أخماس مساحة الأرض؟.

حلم قديم

يقول بونوا إلديفونس ـ وهو عالِم جيولوجي بجامعة مونبلييه فى فرنسا ـ إن حفرة بهذا العمق «ستمثل نافذة على أشياء لم نشاهدها أبدًا من قبل». في البداية، حاول العلماء الوصول إلى الموهو في منتصف القرن العشرين. ففي الستينات، قاد العلماء الأمريكيون مشروع «موهول Mohole»، حيث تم الحفر في قاع البحر قبالة جزيرة جوادالوبي فى المكسيك. وصل المشروع إلى عمق 183 مترًا فقط، قبل أن تتضخم التكلفة؛ وينهيه الكونجرس. ومع ذلك.. تمخَّضت عن مشروع «موهول» سلسلة برامج علمية لحفر المحيطات، استَخرجت عينات صخرية لُبِّيَّة من مئات المواقع حول العالم. وقد أحدث هذا ثورةً في علم الأرض، من خلال استرجاع سجلات رسوبية تعود إلى ملايين السنين، تقدِّم أدلة عن كيفية تفتت القارات، والعثور على حياة ميكروبية أسفل قاع البحار.

يقول والتر مونك، أخصائي علم المحيطات بمؤسسة سكريبس لعلم المحيطات في لاجولا بولاية كاليفورنيا، الذي وضع مع زملائه تصورًا لمشروع «موهول» في حفل في إحدى ليالي عام 1957: «إننا نعيش على هذه الأرض، ويجب أن نعرف شيئًا عما يحدث أسفلها». وقد أعرب عن ارتياحه لنجاح الجهود العلمية لحفر المحيطات عموما، ولكنه يأمل فى أن تُتوج الجهود باختراق الوشاح الصخري.

وقد اقتربت البعثات السابقة من تحقيق هذا الهدف. فبين عامي 2002 و2011 تمكنت أربعة ثقوب بموقع بشرق المحيط الهادئ من الوصول إلى صخر هش دقيق الحبيبات، ويعتقد الجيولوجيون أنه صهير تصلَّب بالتبريد مباشرة فوق الموهو، لكن الثقوب لم تتمكن بعد من اختراق هذه الطبقات العنيدة. وبالمثل، وفي عام 2013، وجد القائمون بالحفر بموقع «هيس ديب» Hess Deep القريب أنفسهم مقيدين بصخور قشرة قاسية (K. M. Gillis *et al*. *Nature* **505**, 204–207; 2014).

يستهدف ديك وزملاؤه حيود المحيط الهندي، وليس شرقي المحيط الهادئ؛ لأن كميات الحمم البركانية المغذية لقاع البحر هناك قليلة جدًّا، ولذلك.. فإن الصخور الصلبة التي سوف يتم الحفر خلالها أقل، حيث رفعت القوى التكتونية بمنطقة تلال أطلانتس قاع البحر إلى مستوى 700 متر تحت سطح الأمواج.

يعلم ديك أنه من الممكن الوصول إلى هدف الـ1,500 متر الأولى، لأنه تمكَّن من ذلك من قبل. ففي عام 1997، قاد بعثة إلى تلال أطلانتس، ووصلت إلى هذا العمق قبل أن تحل الكارثة، حيث انفصلت أنبوبة الحفر بفعل الرياح العاتية، وانزلقت في الفتحة وسدَّتها. يقول: «سنعمل على التأكد من أن ذلك لن يتكرر هذه المرة».

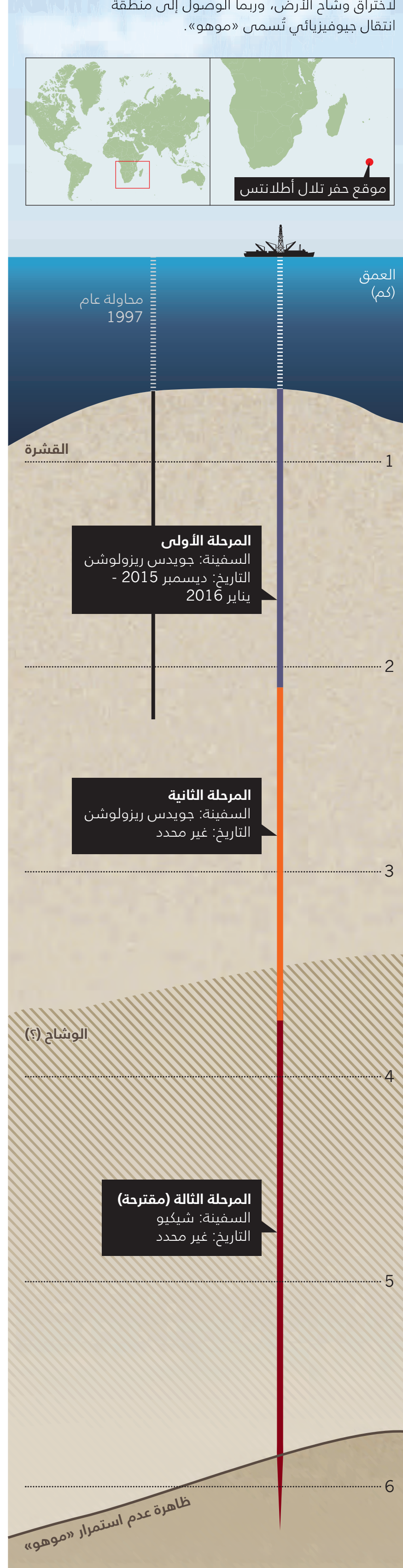
من خلال هذا السعي، يأمل الباحثون في استكشاف.. ليس فقط المزيد عن علم الجيولوجيا، ولكن علم الأحياء أيضًا، حيث تشير عمليات رسم الخرائط الجيولوجية إلى أن مياه البحر ربما تكون قد نفذت إلى عمق عدة كيلومترات في تلال أطلانتس، مسبِّبة لتفاعلات كيميائية تُحوِّل الصخر إلى نوع يُسمى «سربنتينيت» serpentinite. تُنتِج هذه التفاعلات الميثان، وهو غاز عادةً ما تتغذى عليه الميكروبات التي تعيش تحت قاع البحر؛ للحصول على الطاقة. وتقول فرجينيا إدجكومب، وهي عالمة أحياء مجهرية بمؤسسة «وودز هول»، ومن ضمن الموجودين على متن سفينة الحفر: «سوف يقوم علماء ‹جويدس ريزولوشن› بفحص العينات اللُّبية الصخرية؛ بحثًا عن كائنات حية مجهرية».

تستمر المرحلة الأولى من «سلومو» حتى 30 يناير الحالي. وإذا سارت الأمور على ما يرام، يأمل ديك فى العودة مع «جويدس ريزولوشن» للوصول إلى عمق 3 كم. وبعد ذلك، يأمل هو وزملاؤه فى استخدام السفينة اليابانية «شيكيو» Chikyu؛ للتنقيب فى المرحلة الثالثة من المشروع لحفر كل المسافة إلى الموهو. كان الهدف من إنشاء السفينة «شيكيو» ـ التي استهلت عملها منذ عقد من الزمان ـ هو الحفر حتى الوصول إلى الموهو في غرب المحيط الهادئ، ولكن حالت دون تحقيق ذلك إلى الآن الصعوبات الفنية، وكذلك نقص التمويل. سوف تتيح سفينة الحفر «شيكيو» ـ وهى ذات قدرة على المناورة حتى عمق 6 كيلومترات ـ لعلماء الجيولوجيا تحقيق حلمهم المنتظر منذ ما يقرب من 60 عامًا. ■

فهْم عميق

يهدف مشروع "سلومو" بالمحيط الهندي إلى حفر ثلاثة أضعاف ما تم حفره في محاولة سابقة في عام 1997، لاختراق وشاح الأرض، وربما الوصول إلى منطقة انتقال جيوفيزيائي تُسمى «موهو».



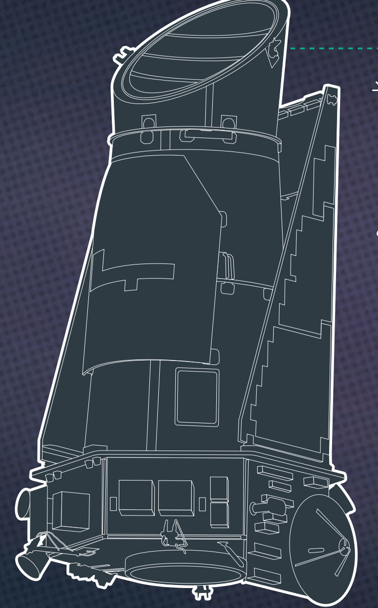


مستقبل الكواكب خارج المجموعة الشمسية

العشرون سنة المقبلة

عثر الباحثون على ما يقرب من 2,000 عالَم خارج نظامنا الشمسي، ويأملون حاليًّا في فهمها.

أليكساندرا ويتز
تصميم: جازيك كرزيستوفياك

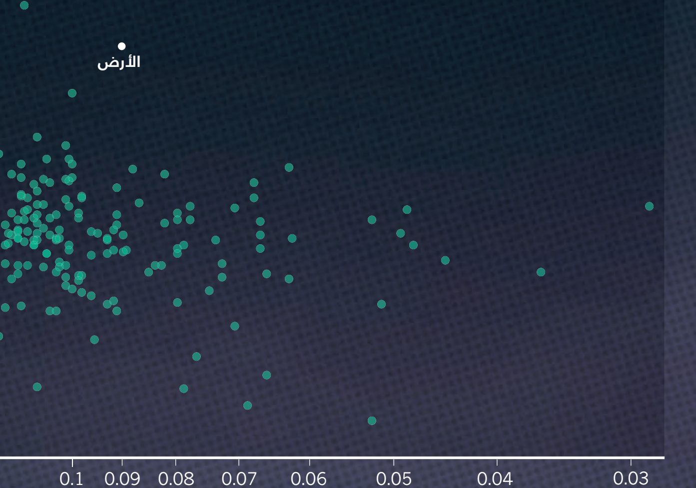


قبل عشرين عامًا، أعلن الفلكيون بشكل أكيد اكتشافهم لأول كوكب يدور حول نجم شبيه بالشمس، أسموه 51 Pegasi b. يدور هذا العملاق الغازي المخيف على أطراف الحرارة الحارقة المنبعثة من نجمه الأم، وقد لفت انتباه الفلكيين إلى مجموعة العوالم الغريبة والمذهلة المنتشرة في المجرة.

بلغت حصيلة الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية المكتشَفة حتى الآن 1,978 كوكبًا، إضافةً إلى حوالي 4,700 كوكب لم يتم التأكد منها بعد. وفي يوم 29 نوفمبر الماضي، اجتمع الباحثون في هاواي لاستعراض هذه النظم المتطرفة، ورسْم مسار البحوث للعقدين المقبلين.

العوالم التي نعرفها

هناك كواكب كثيرة واقعة خارج المجموعة الشمسية المكتشفة حتى الآن تختلف بشكل مذهل عن عوالم نظامنا الشمسي ذي الكواكب الثمانية. وهي تتراوح بين كرات الغاز المتضخمة القريبة من النجوم الخاصة بها، وبين العوالم الثلجية البعيدة، وبينهما حفنة من الكواكب الشبيهة بالأرض في نطاق "جولديلوكس" Goldilocks، حيث الظروف مناسبة تمامًا للحياة، كما يعرِّفها العلماء.



DATA FOR PLANETS SCATTERPLOT: EXOPLANET.EU; KEPLER PICTURE: REDRAWN FROM NASA IMAGE

الجبهة القادمة

يجب على الفلكيين الآن معرفة ما عليهم فعله بهذه الثروة من الكواكب المكتشفة؛ ولذا.. تشمل الأهداف البحثية للعقدين المقبلين جمع بيانات عما تبدو عليه الكواكب فعليًّا، بدءًا من السُّحب الموجودة في أغلفتها الجوية، ووصولًا إلى أحوال الأسطح الخاصة بها.

ماذا بعد؟

مصور الكواكب "جيميني" GEMINI
تستنتج هذه المهمة حرارة الكواكب من خلال حرارة نجومها المضيفة، ما يسمح بقياس خصائص معينة، مثل الكتلة، ودرجة الحرارة، وتركيب الغلاف الجوي بشكل مباشر.

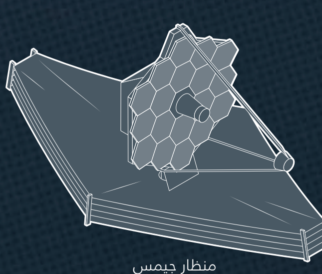
استطلاع عبور الجيل القادم
مشروع جار للبحث عن كواكب غير شمسية في سماء نصف الكرة الجنوبي.

قمر صناعي لاستطلاع الكواكب العابرة الواقعة خارج المجموعة الشمسية
سوف تبحث المركبة الفضائية - المقرر إطلاقها في عام 2017 - عن عوالم صخرية حول نجوم قريبة ساطعة. ومن ثم، يمكن للفلكيين متابعة الاكتشافات باستخدام مناظير أرضية.

منظار "جيمس ويب" الفضائي
سوف يقيس هذا المنظار - المخطط إطلاقه في عام 2018 - الأغلفة الجوية للكواكب في الأطوال الموجية تحت الحمراء؛ للكشف عن تركيباتها الكيميائية.

مرصد "بلاتو"
سوف يبحث هذا المرصد الفضائي - المقرر تشغيله في عام 2024 - عن العوالم الشبيهة بالكرة الأرضية في المناطق الصالحة للسكن الخاصة بما قد يصل إلى مليون نجم.

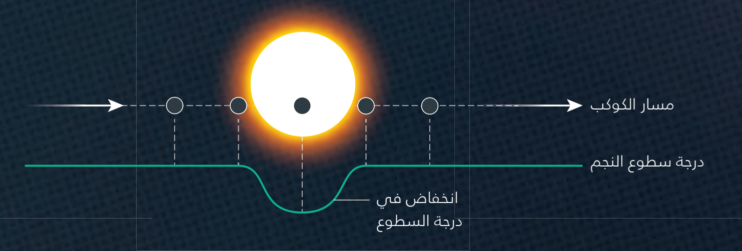
قمر صناعي لاستطلاع الكواكب العابرة الواقعة خارج المجموعة الشمسية



منظار جيمس ويب الفضائي

البحوث التي تمت حتى الآن

لقد اكتُشف أكبر عدد من الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية بواسطة المركبة الفضائية "كبلر" Kepler التابعة لوكالة ناسا (المبينة في الصورة أعلاه)، التي استمرت لمدة أربعة أعوام، تحدق في رقعة صغيرة من السماء الليلية، بحثًا عن النجوم التي تخفت مؤقتًا أثناء عبور كوكب من أمامها. انتهت مهمة "كبلر" الرئيسة في عام 2013، إلا أن البحث عن الكواكب استمر من خلال المهمة المتجددة "كيه2" K2.



مجال رؤية "كبلر" يتضمن 1/400 فقط من السماء الليلية.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الدورة المدارية (مقاسة بالأيام، مقياس لوغاريتمي)

100,000
10,000
1,000
100
10
1
0.1

كواكب ساخنة تشبه المشتري

كواكب ساخنة تشبه نبتون

Kepler-452 b
أكثر الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية المعروفة شبهًا بالأرض

51 Pegasi b
أول كوكب يُكتشف يكون غير شمسي، ويدور حول نجم يشبه الشمس.

HD 149026 b
كوكب تقليدي قريب من نجمه، تتخطى درجات حرارة سطحه 2,000 درجة مئوية.

GJ 436 b
كوكب ساخن يشبه كوكب نبتون، اكتُشف قبل إطلاق "كبلر".

2 1 0.9 0.8 0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2

نصف قطر الكوكب (نصف قطر المشتري، مقياس لوغاريتمي)

كم يبلغ عددها؟

يبقى عدد غير معلوم من الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية غير مكتشف حتى الآن، إلا أن الفلكيين قد تمكنوا لتوِّهم من الإلمام بشكل أفضل بعدد الكواكب التي يتشابه حجمها مع حجم الأرض، والتي قد تحوي مياهًا سائلة. إن النجوم الأكثر شيوعًا في المجرة هي من نوعية النجوم القزمة "إم" M dwarfs الأصغر والأبرد من الشمس. ويقدِّر العلماء أن هناك كوكبًا واحدًا على الأكثر - يقترب حجمه من حجم الأرض - لكل نجمين من النجوم القزمة "إم". وبعض تلك الكواكب قد يكون صالحًا للسكن.

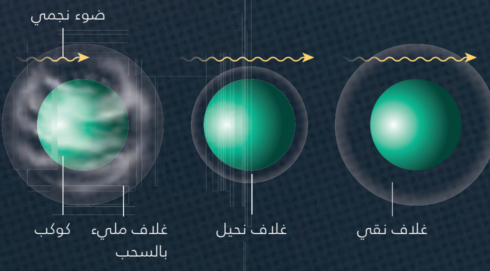
هل تصلح للسكن؟

تقع الكواكب الأكثر إثارة للاهتمام في النطاق الصالح للسكن حول النجوم الخاصة بها، حيث تسمح درجات الحرارة هناك بوجود المياه السائلة على سطح الكوكب. يتفاوت موقع وعرض النطاق الصالح للسكن بناءً على مدى سطوع النجم المضيف؛ فكلما كان النجم أكثر خفوتًا، تعيَّن على الكوكب أن يكون أقرب، كي يقع في النطاق الصالح للسكن.

كبلر-452 b
كبلر-452
الأرض
الشمس
المريخ
كبلر-22
كبلر-22 b
منطقة صالحة للسكن

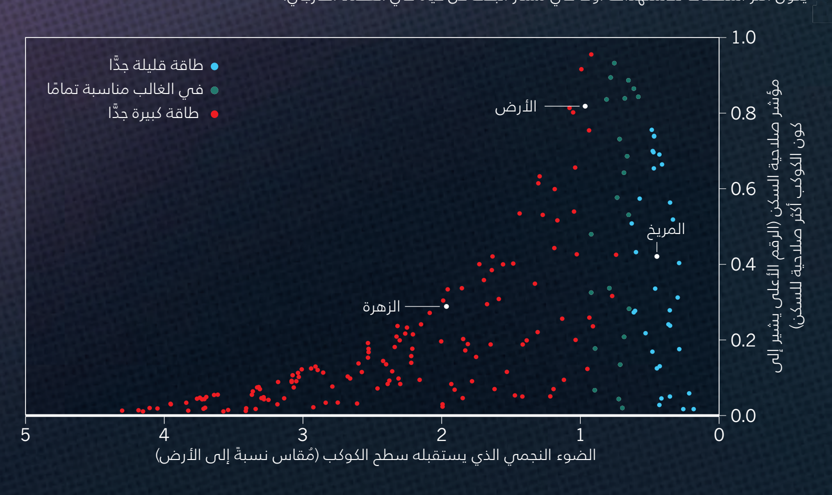
ما هو شكلها؟

تفحص أحدث المهام الأغلفة الجوية للكواكب الواقعة خارج المنظومة الشمسية، وذلك بالنظر إلى ما يتغير أثناء عبور كوكب ما أمام النجم الخاص به، ثم ابتعاده عنه (كما يُرى من الكرة الأرضية).

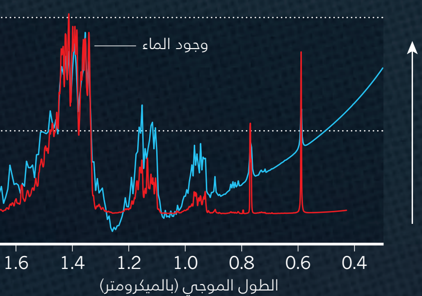


إذًا، هل توجد حياة هناك؟

ربما.. السؤال الآن هو كيف نقرر أي كوكب سنتعقّب من بين آلاف الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية المحتمل وجودها. ابتكر الباحثون مؤخرًا "مؤشر صلاحية السكن"، يظهر أيًّا من الكواكب أكثر احتمالًا لأن توجد عليه مياه سائلة. ويمكن مقارنة هذا المؤشر بالقياسات الأخرى - مثل كمية الضوء النجمي الذي يستقبله الكوكب – لاستكشاف أيٍّ من الكواكب قد يكون أكثر استحقاقًا للاستهداف أولًا في مسار البحث عن حياة في الفضاء الخارجي.



تحاليل كيميائية لكيفية امتصاص الضوء النجمي، تكشف عن مركّبات، مثل الماء في السموات الغائمة، الخاصة بالكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية البعيدة.



SPECTRA: D. DEMING *ET AL. ASTROPHYS. J.* **774**, 95–112 (2013), CC-BY-3.0. HABITABILITY PLOT: R. BARNES, V. S. MEADOWS & N. EVANS *ASTROPHYS. J.* (IN THE PRESS); PREPRINT AT HTTP://ARXIV.ORG/ABS/1509.08922

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

SHARON LEES/GREAT ORMOND STREET HOSPITAL

ليلى ريتشاردز تتماثل للشفاء من سرطان الدم، بعد حصولها على خلايا مُعالَجَة بالإنزيمات القاطعة للحمض النووي.

التعديل الجيني

تقنية التحرير الجيني تصل إلى مرحلة التجارب الإكلينيكية

تستعد الشركات الآن لاختبار عددٍ من العلاجات الجديدة على البشر.

سارة ريردون

تتماثل الطفلة ذات العام الواحد ـ ليلى ريتشاردز ـ للشفاء الآن من سرطان الدم، وذلك بفضل تكنولوجيا التحرير الجيني، التي وَفَّرت لها خلايا مناعية مُعدَّلَة، مأخوذة من شخص آخر.

تُعتبر تلك هي الحالة البشرية الثانية التي تستخدم التحرير الجيني كعلاج، إذ استخدمت التقنية للمرة الأولى في العام قبل الماضي في مرضى نقص المناعة البشرية. ومن المخطَّط إجراء المزيد من التجارب المشابهة، كما تستعد الشركات لاختبار طرق علاجية، يتم فيها حقن أجزاء من الحمض النووي ـ الذي يحمل شفرات الإنزيمات الخاصة بعملية التحرير الجيني ـ مباشرة في جسم الإنسان.

وبقيادة أخصائي المناعة، وسيم قاسم، الذي يعمل في مستشفى جريت أورموند ستريت للأطفال ـ التابعة لأمانة الخدمات الصحية الوطنية بلندن ـ كان الفريق المعالج لريتشاردز قد خطَّط لبدء تجربة لاختبار أمان استخدام تقنية التحرير الجيني في 10 إلى 12 شخصًا مع بداية العام الحالي. وبمجرد أن وجد الباحثون أمامهم تلك الطفلة، التي فشلت معها جميع العلاجات الأخرى، طلبوا إذنًا خاصًا لتجربة العلاج عليها. وبعد مرور عدة أشهر، يقول قاسم إن حالتها الآن تسير على ما يرام، وقام الفريق بعرض الحالة في أكتوبر الماضي بأحد اجتماعات الجمعية الأمريكية لأمراض الدم في أورلاندو بفلوريدا.

يتطلب أسلوب العلاج الجديد أن يستخلص الباحثون الخلايا التائية المناعية من متبرِّع سليم أولًا، ثم يتم تعريضها لإنزيمات «TALENs»، وهي من الإنزيمات التي تقطع الحمض النووي. صُمّم هذا النظام ـ الذي طوَّره باحثو شركة «سيليكتي» Cellectis، ومقرها باريس ـ بهدف تعطيل الجينات المناعية، التي قد تُحفز خلايا المُتبرِّع للهجوم حين تُحقَن في شخص آخر، وكذلك تعديل الجينات؛ لحماية الخلايا من الأدوية المضادة للسرطان. يخضع بعدها المريض لعملية تدمير للجهاز المناعي لديه، الذي يتم استبداله بالخلايا المُعدَّلة. وهذا النهج لا يُعتبر علاجًا شافيًا للمرض، كما يقول قاسم، بل إنه بمثابة «جسر»، يَعْبُر من فوقه المريض؛ ليبقى حيًّا، حتى يعثر على متبرِّع، لديه خلايا تائية مناسِبة.

نجاح علاج فيروس نقص المناعة البشرية

اعتمَد أول تطبيق لتقنية التحرير الجيني في الإنسان منهجًا معمليًّا مماثلًا. ففي العام قبل الماضي، نشرت شركة «سانجامو» للعلوم الحيوية Sangamo BioSciences في ريتشموند بكاليفورنيا نتائج من تجربتها الإكلينيكية التي استخدمت فيها خلايا مُعدلة جينيًّا لعلاج 12 مريضًا بفيروس نقص المناعة البشرية (P. Tebas *et al*. *N. Engl. J. Med.* **370**, 901–910; 2014). وبدلًا من استخدام إنزيمات «TALENs»، استخدم الباحثون إنزيم نوكليز أصابع الزنك (ZFN) – قاطع الحمض النووي، الذي يقوم بقطع الجين المخصص لنوع من البروتين الموجود على الخلايا التائية التي يستهدفها فيروس نقص المناعة البشرية، وذلك إثر إضافة الإنزيم للدم المُستخلَص من المرضى؛ ثم عاوَد الفريق حقن تلك الخلايا في دم المرضى.

كانت النتائج المعلَنة إيجابية، فقد شُفي نصف المشاركين في التجربة، وسُمح لهم بالتوقف عن تناول الأدوية المضادة للفيروسات. وأخبرت شركة «سانجامو» دورية *Nature* أنها قد عالجت بالفعل أكثر من 70 شخصًا بهذا العلاج.

أما بالنسبة إلى بعض الأمراض الأخرى، فمن الأكثر منطقية أن يُعَدَّل الجينوم داخل الجسم الحي، إذا كانت الخلايا المُستهدفة مثلًا موجودة في عضو، أو نوع من النسيج يصعُب استخلاصه. ففي دراسة عُرضت في شهر أكتوبر الماضي بأحد اجتماعات الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب في واشنطن العاصمة، أعلن فيودور أورنُوف ـ كبير علماء شركة «سانجامو» ـ أن فريقه قد قام بحقن خمسة عشر قردًا بفيروسات تحمل جينات بشفرات إنزيم نوكليز أصابع الزنك، إضافةً إلى نُسَخ طبيعية من العامل التاسع، وهو بروتين خاص بتجلط الدم، يُنتَج في الكبد، ويتحور في المصابين بسيولة الدم «ب».

يقوم إنزيم نوكليز أصابع الزنك بقطع الجينوم عند الجزء الذي يحمل شفرة بروتين الألبومين ـ الذي يُصنع بكميات كبيرة في الكبد ـ ويتم إدماج نسخة سليمة من جين العامل التاسع في ذاك المكان. ومن ثم، بدأت القرود في إنتاج المزيد من هذا العامل، بحيث زادت مستوياته في الدم بنسبة 10%. لذا.. يقول أورنوف إن موقع الألبومين قد يكون موقعًا جيدًا لإدخال جينات أخرى، مشبِّهًا إياه بـ«منفذ USB في الجينوم البشري» (R. Sharma *et al*. *Blood* **126**, 1777–1784; 2015).

وفي شهر سبتمبر الماضي، أعطت لجنة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية ـ المسؤولة عن التصديق على جميع التجارب الإكلينيكية التي تتضمن حمضًا نوويًّا مُعدَّلًا ـ الضوء الأخضر؛ لإجراء تجارب للعلاج بالعامل التاسع في البشر، كما صرح أورنوف. إلا أنه يتوجب على شركة «سانجامو» الحصول على تصريح من إدارة الغذاء والدواء الأمريكية أولًا. وفي نوفمبر الماضي، صرَّح أورنوف أن الشركة ستتقدم بطلب بحلول نهاية العام المنصرم، على أن تبدأ التجارب مع بداية العام الجديد. كما تخطِّط الشركة للتقدم بطلب للحصول على تصريح بإجراء عدة تجارب أخرى للعلاج بالتحرير الجيني داخل الجسم الحي، بما في ذلك علاجات لأمراض الدم الوراثية، كمرض اعتلال الهيموجلوبين، ومرض البيتا-ثالاسيميا.

كما يخطط آخرون أيضًا للبداية في اختبار هذه الطريقة في البشر. ففي الثالث من نوفمبر الماضي، قامت شركة التكنولوجيا الحيوية الناشئة «إيديتاس ميديسين» Editas Midicine في كمبريدج بماساتشوستس بإعلان أنها تأمل في أن تبدأ في تجارب التحرير الجيني في الجسم الحي بحلول عام 2017. وسوف يقوم الباحثون بحقن أجزاء حمض نووي تحمل شفرة تقنية «كريسبر/كاس9» في أعين المصابين بمرض نادر في شبكية العين ـ يُدعى «كُمْنَةُ ليبر الخِلْقِيَّة» ـ لتصحيح الجين الطافر.

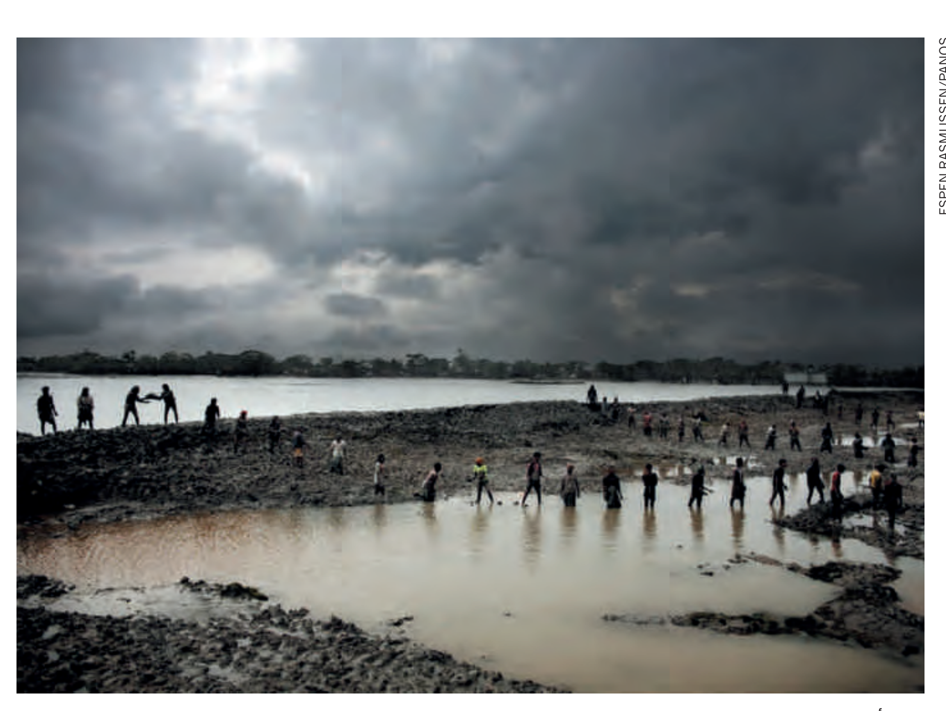
> «العلاج هو «جسر» يَعْبُر من فوقه المريض؛ لِيَبقى حيًّا، حتى يعثر على متبرِّع، لديه خلايا تائية مناسِبة».

إن العلاجات التجريبية عامةً، سواء أكانت خارج، أم داخل الجسم الحي، تحمل خطر التسبب في تقطعات أو طفرات في أماكن أخرى في الجينوم، إلا أن التجارب داخل الجسم الحي تتضمن مخاوف أخرى؛ إذ إن الناقل الذي يوصل الحمض النووي يمكنه أن يبقى نشطًا في الجسم لعدة سنوات بعد حقنه؛ ما قد يؤدي إلى أمور غير متوقَّعة، مثل إثارة رد فعل مناعي ضد إنزيم تقطيع الحمض النووي.. وهو ما يُقلِق عالِم الأحياء فالدر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

آرودا، الذي يعمل بجامعة بنسلفانيا في فيلادلفيا حاليًّا على استكشاف علاجات لمرض سيولة الدم، تتضمن العلاج الجيني التقليدي. ومن جانبها، صرحت شركة «سانجامو» بأنها لم تجد دليلًا على مثل تلك الآثار الجانبية في دراساتها على الحيوانات. أما قاسم، فيقول إن التحديات الأخرى التي يتضمنها التحرير الجيني في الجسم الحي تشمل التأكد من إتمام تحرير عدد كافٍ من الخلايا المُستهدَفة، وإن الناقل يوصل حمولته إلى المكان الصحيح في الجسم.

إن قائمة الأمراض التي قد يسهم التحرير الجيني في الجسم الحي في علاجها تتزايد. وفي اجتماع أُقيم حول علم الأحياء التخليقي في شهر إبريل الماضي، عرض مهندس الطب الحيوي، تشارلز جيرزباخ ـ من جامعة ديوك في دورهام بكارولينا الشمالية ـ دراسة أُجريت على فئران تحمل طفرة مسؤولة عن مرض الضمور العضلي. فمع حقْن الفريق البحثي لناقل فيروسي يحمل شفرة الإنزيم القاطع للحمض النووي في عضلات الفئران، حدث تصحيح في الجين في حوالي 20% من الخلايا العضلية، وهي نسبة كافية لتحسن نغمة العضلة وقوتها بشكل جوهري. ويضيف جيرزباخ: «أعتقد أن التجارب في الجسم الحي ستتصدر الموجة القادمة في مجال التحرير الجيني». ■



ESPEN RASMUSSEN/PANOS

يمكن أن تحصل الحواجز المانعة للفيضانات في بنجلاديش على تمويل من صندوق الأمم المتحدة للمناخ.

بيئة

صندوق المناخ الأخضر يواجه عاصفة من الانتقادات

الدفعة الأولى من مشروعات المساعدات تثير المخاوف بشأن إدارة الأموال المخصَّصة للدول النامية.

سانجي كومار

تُثار أسئلة مُلِحَّة وكبيرة بشأن إدارة المشروعات التي يشرف عليها صندوق الأمم المتحدة، والتي يُفترض فيها أن تكرِّس مليارات الدولارات لمساعدة الدول النامية على التكيف مع التغير المناخي، وعلى إبطاء وتيرته.

وقد تم إنشاء صندوق المناخ الأخضر GCF أثناء محادثات الأمم المتحدة، التي انعقدت في كانكون بالمكسيك، قبل خمسة أعوام مضت. وتنظر الدول النامية إلى هذا الصندوق باعتباره محط آمالها فيما يخص العون المالي؛ لمجابهة الاحتباس الحراري.

وهذا الصندوق ـ الذي يديره فريق عمل صغير في إنتشون بكوريا الجنوبية ـ يجد صعوبة في استقطاب الأموال من الدول الغنية. وعلى الرغم من قيامه بالمصادقة على الدفعة الأولى من المساعدات في 6 نوفمبر الماضي في الاجتماع الذي انعقد في ليفينجستون بزامبيا، إلا أن المراقبين ساورهم القلق بشأن كونها خطوة متعجلة، استبقت محادثات المناخ العالمية التي أقيمت في باريس في ديسمبر.

يقول براندن وو، محلل السياسات والمسؤول عن المساعدات الخاصة بالمناخ في المنظمة غير الحكومية، المعروفة باسم «أكشن ايد» ActionAid، ومقرها في واشنطن العاصمة، الذي شارك في اجتماع زامبيا: «نحن قلقون من غياب الضمانات الاجتماعية والبيئية، وآليات المحاسبة والشفافية، ومن عدم إطلاعنا على تفاصيل العمليات الاستشارية».

أوصت اتفاقية كانكون بأن يصل مجموع المساعدات المناخية إلى 100 مليار دولار بحلول عام 2020، إلا أنه لم يتم توضيح كيفية الموازنة بين الأموال التي سوف يتم جمْعها من الجهات الخاصة والعامة، ومقدار الأموال التي ينبغي أن تمر عبر صندوق المناخ الأخضر.

وفي مضمار تمويل المشروعات ذات الصلة بالمناخ، لا يلعب صندوق المناخ الأخضر سوى دور ضئيل. وإذا ما وضعنا في الحسبان تمويل مشروعات الطاقة المتجددة، ورفع كفاءة الطاقة، لوجدنا أنه يتم سلفًا توزيع مئات المليارات من الدولارات حول العالم كل عام، وذلك حسب مبادرة السياسات المناخية، وهي مؤسسة عالمية لأبحاث السياسات. ورغم ما سبق.. يظل صندوق المناخ الأخضر أكبر صندوق تمويل عمومي عالمي للمشروعات ذات الصلة بالمناخ.

كان الهدف الرئيس لهذا الصندوق هو جمع 10 مليارات دولار، قبل أن يشرع في توزيع الدفعات المالية، التي يهدف إلى تقسيمها بصورة متكافئة بين مشروعات تخفيف وطأة التغير المناخي، والمشروعات الأخرى التي تستهدف التكيف مع آثار هذا التغير. وبحلول شهر أكتوبر 2015، تسلَّم هذا الصندوق وعودًا بتمويلات، تصل قيمتها إلى 10.2 مليار دولار، خفَّضت تباينات أسعار العملات العالمية قيمتها إلى 9.1 مليار دولار، إلا أنه لم يتم الاتفاق بصورة رسمية إلا على مبلغ 5.83 مليار دولار، لم يتسلم منها الصندوق فعليًّا إلا 852 مليون دولار. وتُعَدّ الولايات المتحدة الغائب الأكبر في قائمة الدول المانحة؛ إذ وعدت أثناء العام الماضي بتقديم 3 مليارات دولار، إلا إنها لم توقِّع بعد على الاتفاقية التي ستُودِع بموجبها هذا المبلغ.

يقول ديباك داسجوبتا، عالِم الاقتصاد، الذي يمثل الهند في مجلس إدارة صندوق المناخ الأخضر ذي الأربعة والعشرين عضوًا: «إذا استمر سير الأمور على هذا المنوال؛ فلن نستطيع فعل الكثير». وتكلفة تمويل مقترحات المشروعات التي تمت الموافقة عليها في زامبيا (168 مليون دولار لثماني مشروعات مناخية) لا تمثل سوى «مبلغ ضئيل»، حسب قوله. وتشمل هذه المشروعات، التي تمت المصادقة عليها: برنامجًا لتعزيز صمود الأراضي الرطبة في بيرو، وبنية تحتية مقاوِمة للتأثيرات المناخية في بنجلاديش، ومشروعًا للسندات المالية الخضراء، لتمويل مشروعات الطاقة المستدامة في أمريكا اللاتينية وفي منطقة الكاريبي، إلا أن سبعة من هذه المشروعات لن تتسلم الأموال المخصصة لها، إلا بعد استيفائها لاشتراطات محددة.

قد تتردد الدول المتقدمة في تحويل الأموال إلى هذا الصندوق، حسب قول تيمونز روبرتس، الذي يدرس التغير المناخي والتنمية الاقتصادية في جامعة براون في بروفيدانس، رود آيلاند. ويتابع بقوله: «تعتقد ◄

الدول النامية وكثير من المنظمات غير الحكومية أن التمويل ينبغي أن يمر عبر صندوق المناخ الأخضر، إلا أن الدول المانحة دائمًا ما كانت تدافع عن قدرتها على نقل الأموال عبر القنوات الخاضعة لتحكمها، سواء عن طريق الوكالات الثنائية ـ مثل الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية ‹USAID› ـ أم عبر المشروعات المخصصة لهذا القطاع في البنك الدولي».

غياب الشفافية

هناك مخاوف أخرى حول كيفية إدارة صندوق المناخ الأخضر، حسب قول وو، الذي حضر اجتماع زامبيا بصفة «مراقب من المجتمع المدني». يتخوف وو على سبيل المثال من عدم استقصاء آراء السكان على نحو ملائم، قبل الموافقة على مبلغ 6.2 مليون دولار لبرنامج الأراضي الرطبة في بيرو. تقول وثائق الصندوق إن هذا الاستقصاء تم بالفعل، إلا أن الصندوق لا يقدم تأكيدًا مستقلًّا لدعاويه بخصوص هذا المشروع، أو غيره من المشروعات المماثلة، حسب قول أندريا رودريجز أوسونا، التي تعمل في مدينة مكسيكو في منظمة غير ربحية، معنية بالقانون البيئي، تُدعى الجمعية الأمريكية المشتركة للدفاع البيئي «AIDA»، وكانت حاضرة أيضًا في زامبيا.

هذا.. وصندوق المناخ الأخضر ليس شفافًا في تعاملاته، حسبما تضيف رودريجز أوسونا. وتوضح: «ليس لدى هذه المؤسسة سياسة للإفصاح عن المعلومات، كما أنها تخلو من آليات المحاسبة. ورغم كل هذا.. يقوم مجلس الصندوق بالمصادقة على تمويل المشروعات».

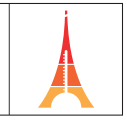
فعلى سبيل المثال.. لا يتوفر من المعلومات عن المشروعات الثمانية التي تمت الموافقة عليها في اجتماع المجلس، إلا وثائق المقترَحات (المشروعان اللذان قدَّمهما القطاع الخاص، لا يتوفر لأي منهما سوى ملخص للمقترَح). يقول وو: «هذه الوثائق المتاحة لا يمكن اعتبارها ـ في واقع الأمر ـ مصادر حيادية للمعلومات التي يمكن على أساسها تقييم ميزات المشروعات، أو آثارها السلبية المحتملة». ولم يتم الكشف عن المراجعات التي تم إجراؤها لتقييم المشروعات، سواء منها ما تم بواسطة مجلس الصندوق، أم ما أعدته لجان استشارية مستقلة، كما أخفق مسؤولو الصندوق مِرارًا في الإجابة على الأسئلة التي طرحتها عليهم دورية *Nature* أثناء إعداد هذا المقال.

يرى البعض أن ثمة مشكلة شائكة أخرى، لكَوْن تحويل الصندوق لأمواله يتم ـ في الأساس ـ عن طريق منظمات عالمية، مثل البنوك الخاصة، والمصارف متعددة الأطراف، مثل البنك الدولي، والبنك الألماني، بدلًا من تحويل الأموال بصورة مباشرة إلى المؤسسات المعنية بإقامة المشروعات في الدول النامية.

لم يزل صندوق المناخ الأخضر مؤسسة حديثة العهد، كما أن طاقمه من العاملين غير مكتمل، حسب قول رودريجز أوسونا، التي تضيف أن المراقبين يأملون في أن تكون كلّ هذه الأمور المقلقة مجرد مشكلات عابرة، تفرضها حداثة سن المؤسسة. وتَعِد المديرة التنفيذية للصندوق، هيلا شيخروهو، بأن «هناك الكثير من المشروعات التي يتم العمل عليها».

هناك الكثير من المزاعم بشأن رفع الدول الغنية لمستوى تمويلها العام للمشروعات المناخية، إلا أن الخبراء يقولون إنه ليس من الواضح ما إذا كانت هذه الأموال جديدة، أم أنها محض تبرعات، تمت إعادة توجيها من مواضع أخرى، من قبيل صناديق العون التنموي للدول النامية. تقول باربارا بوخنر، التي تقود برنامج التمويل العالمي لمبادرة السياسات المناخية في فينيسيا، إيطاليا: «لم يتم بعد الاتفاق على تعريف للأموال الجديدة».

هناك شيء واحد أكيد، حسب قول بوخنر، وهو أن مجموع الأموال المخصصة لمشروعات الطاقة النظيفة، وللتكيف مع وطأة التغير المناخي، والتقليل منها، تقل بدرجة كبيرة عن الاحتياجات الفعلية. تقول بوخنر: «نحتاج إلى تريليونات الدولارات، لا إلى مليارات الدولارات فقط». ■



محادثات المناخ في باريس
ملف خاص من دوريــة *Nature*
nature.com/parisclimate

علم الفلك

استقالة رئيس مرصد «أريسيبو»، بعد خلاف على التمويل

بعد فترة طويلة قضاها كممثل للمرصد، يزيد أمر رحيل رئيس «أريسيبو» من مأساة التليسكوب اللاسلكي، الذي يمر بأزمة مالية.

تريسي واتسون

بلهجة ساخرة.. يصف الفيزيائي روبرت كير أولى بوادر المشكلة بتسميتها «هدوء إشعاعي».. فبعد أربعة أعوام قضاها كمدير لمرصد «أريسيبو» Arecibo ـ وهو مقر أكبر تليسكوب إشعاعي في العالم ذي طبق واحد ـ يقول كير إنه وجد نفسه فجأة خارج الدائرة؛ وتَوَقَّف مسؤولو التواصل في كل من مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية «NSF» ـ المالكة للمرصد ـ ومعهد ستانفورد الدولي للأبحاث «SRI International» ـ متعهد إدارة المرصد ـ عن الرد على رسائله الإلكترونية، ومكالماته الهاتفية. وبعد شهر من الهدوء، جُرِّد كير من دوره ككاحث رئيس بالمرصد. وبعد ذلك بفترة قصيرة، استقال من منصبه الآخر كمدير للعمليات.

يُرْجِع كير أمر مغادرته المرصد إلى خلاف دار حول احتمال تحقيق مرصد «أريسيبو» في بورتوريكو لإيرادات غير متوقَّعة؛ إذ انتقد في أواخر شهر يوليو الماضي مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية علنًا، لتخطيطها لقطع إسهاماتها الداعمة للمرصد، إذا ما قام بتلقِّي أموال، نظير المساعدة في مسح خاص للبحث عن علامات لحضارات ذكية في الفضاء الخارجي، إلا أن مسؤولي المؤسسة صرّحوا بأن مزاعم كير غير دقيقة، وأن اتصالات المؤسسة معه لم تتوقف قط.

وأيًّا كانت الحقيقة، يَعتبِر بعض مراقبي المرصد أن خروج كير منه هو خسارة سيئة التوقيت لتلك المنشأة العلمية ذات التاريخ الحافل، المهدَّدة ماليًّا الآن، التي تواجه مستقبلًا ضبابيًّا.

يقول مايكل نولان، وهو مدير سابق للمرصد، ويعمل حاليًّا بجامعة أريزونا في توكسون: «يجب على شخص ما أن يحاول بجد حل الأمر. كان بوب هو ذلك الشخص.. وبدونه، لا أدري ما هي خطّتهم».

تتناسب الزوبعة المثارة حول رحيل كير مع حجم المرصد ذي الطبق العاكس، الذي يبلغ قطره 305 أمتار، كما أنه التليسكوب الإشعاعي الأكثر حساسية في العالم. فقد كان الباحثون هناك هم أول من اكتشفوا نجمًا نابضًا ثنائيًّا في عام 1974، حصل على جائزة «نوبل» في عام 1993، كما اكتشفوا كذلك أوّل الكواكب خارج مجموعتنا الشمسية.

واليوم، بعد 52 عامًا من بدء العمليات في المرصد، لا يزال «أريسيبو» هو أحد التليسكوبات التي يستخدمها العالم؛ من أجل نظرة أقرب على الكويكبات ذات الخطورة المحتمَلة. وتبقى المنشأة أداة رئيسة لدراسة النجوم النابضة، والطبقة العليا من غلاف الأرض الجوي.

وبرغم أمجاده الماضية، وقدراته الحالية، قد لا ينجو المرصد، حيث إن مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية، التي توفر ثلثي الميزانية السنوية له ـ البالغة 12 مليون دولار أمريكي ـ تحتاج إلى أموال؛ لبناء وتشغيل تليسكوبات جديدة، لها أولوية قصوى بالنسبة إلى المجتمع الفلكي، مثل تليسكوب المسح الإجمالي الكبير، الذي هو قيد الإنشاء في شيلي. لذا.. ففي عام 2006، أوصت لجنة خبراء بأن تغلق المؤسسة مرصد أريسبو، ما لم يتم العثور على مموِّل آخر. وبرغم أن وكالة «ناسا» بدأت ضخ الأموال فيه منذ خمسة أعوام، وهي الآن تسهم بمبلغ 3.7 مليون دولار سنويًّا؛ إلا أنه حتى الآن لم يَعْرِض أحد فعليًّا التكفل بباقي المصروفات. وفي الوقت نفسه، تواجه مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية ضغطًا؛ للإبقاء على تدفق أموال المنح، بينما تموِّل تليسكوبات جديدة. وحذَّر تقرير ـ وضعه خبير في عام 2012 ـ من أنه ما لم تخفِّض المؤسسة المبالغ التي تنفقها على المنشآت الكبيرة، مثل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



مرصد «أريسيبو» في بورتوريكو تحيط به مشاكل التمويل.

JAY M. PASACHOFF/SCIENCE FACTION/CORBIS

هذا المرصد، فقد تقل المنح البحثية الممنوحة لعلماء الفلك إلى عُشْر العدد الحالي.

وكأحد أبطال المرصد المعروفين، شغل كير منصب المدير التنفيذي له من عام 2007، حتى عام 2008، ثم عاد إليه في عام 2011، لاعبًا دورَيّ مدير العمليات، والباحث الرئيس في آنٍ واحد. وأثناء تلك الفترة، ازدادت الاقتراحات المقدَّمة لاستخدامات المرصد، كما يقول، وأُعيد بناء نظام لدراسة الغلاف المتأين، باستخدام الموجات الإشعاعية عالية التردد، إلا أن تخفيض الميزانية دفع المرصد منذ عشر سنوات إلى تسريح حوالي 20% من العاملين به. وتعاني المنشأة الآن من حالة «ركود»، على حد قول أليكس فولشتزان، عالِم الفلك المتخصص في الموجات الإشعاعية بجامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك، الذي قام باستخدام المرصد في عام 1991 للكشف ـ لأول مرة ـ عن كواكب خارج المجموعة الشمسية.

حقَّق كير ـ وهو عالم فيزياء متخصص في الطبقة العليا من الغلاف الجوي ـ أفضل ما يمكن تحقيقه من وظيفته الصعبة والمحبِطة، على حد قول الزملاء والمستخدمين. «اهتم بوب بالمرصد فعلًا، وأراد حقًّا أن يجد طريقة لإنجاحه»، كما تقول إلين هويل، العالمة المختصة بالكواكب في جامعة أريزونا، التي عملت هي وزوجها مايكل نولان كباحثَيْن بالمرصد، حتى فصل الصيف المنصرم.

وحول ذلك الوقت، ظهر في المشهد منقِذ محتمَل للمرصد، هو الملياردير الروسي يوري ميلنر، صاحب مشروع «بريكثرو ليسن» Breakthrough Listen، الذي يمول مجهودات بتكلفة تبلغ 100 مليون دولار، للبحث عن حضارات ذكية في الفضاء الخارجي، والذي أراد الاستعانة به، إلا أن كير يقول إن مسؤولي مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية أخبروه بأنه إذا حصل المرصد على تمويل من مشروع «بريكثرو»؛ سيقل تمويلهم بمقدار المبلغ نفسه. وحول ذلك.. نُشر تصريح غاضب لكير، في مقال صدر في يوم 29 من شهر يوليو الماضي في دورية «ساينتيفِك أميريكان»، بأن المؤسسة قد وضعت المرصد في مأزق «غير أخلاقي»، يقول: «ارفض أموال مشروع ‹بريكثرو›، أو اقبلها؛ واخسر دولارات المؤسسة».

أما المسؤولون بالمؤسسة، فيقولون إن الأمر لم يكن كذلك. «كان من المتوقع أن تحدث معادلة ما، إذ إن هذا الوضع سيبعد التليسكوب لبعض الوقت عن العلوم الأخرى»، حسب قول مدير قسم الفلك في المؤسسة جيم أولفيستاد، إلا أنه يقول إن المؤسسة لم تقرِّر بعد ما إذا كان التمويل المعروض من المشروع سيرافقه خفض معادل، أم لن يُخفض التمويل مطلقًا. ويضيف قائلًا إنه تم إخبار كلٍّ من كير، ومعهد ستانفورد الدولي للأبحاث بذلك مرارًا وتكرارًا.

انقطاع الاتصال

بعد نشر المقال، حسب قول كير، توقَّف التواصل تقريبًا تمامًا بينه وبين رؤسائه في معهد ستانفورد الدولي، وكذلك مسؤولي مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية. وبعد مرور شهر، تلقَّى رسالة عبر البريد الإلكتروني، تبلِّغه بأنه لم يعد الباحث الرئيس للمرصد. أشْعَرَتْه الرسالة بالعجز؛ فقرر التنحي عن منصبه كمدير للعمليات أيضًا. ولم يندم على تصريحاته في النهاية، لكنه يقول: «يؤسفني بالتأكيد أنني لم أعد الممثل الرئيس للمرصد».

ولا تزال المؤسسة تؤكد على أن التواصل مع كير استمر بشكل عادي، كما أقرَّ كير بأن المكالمات الهاتفية الدورية بينه وبينهم لم تتوقف. وأحالت المؤسسة أسئلة أخرى حول فترة تولِّي كير لمنصبه إلى رؤسائه السابقين، الذين رفضوا الرد قائلين إنهم لا يناقشون شؤون الموظفين.

وبمجرد أن أخلَى كير مكتبه، دعت المؤسسة ـ من خلال خطاب ودود ـ إلى تقديم اقتراحات لإدارة المرصد، وبالتحديد أفكار «تتضمن التزامًا ماليًّا مخفضًا بشكل كبير من مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية»، كما تقول إنها تستعرض الآن ما إذا كانت ستستمر في دعم المنشأة، أم لا. أمّا كير، الذي عمل على إيجاد جهات خاصة لإدارة وتمويل المرصد، فيقول إنه لا يزال يأمل في أن يظهر ائتلاف مكون من جامعات ومؤسسات؛ لإنقاذ المنشأة، إلا أن البعض الآخر أقل تفاؤلًا.. فنولان يقول إن الجهود المبذولة لإيجاد متبرع خارجي تجري منذ زمن، لكن دون جدوى. ويمكن توقُّع أن يدفع المستخدمون أموالًا مقابل أوقات استخدامهم للتليسكوب، لكن «يجب على أحد ما تمويل العمليات الأساسية اللازمة، كالحفاظ على الهيكل المعدني الكبير من السقوط من السماء مثلًا.. وهذا هو ما يجده الجميع مكلفًا للغاية». ■



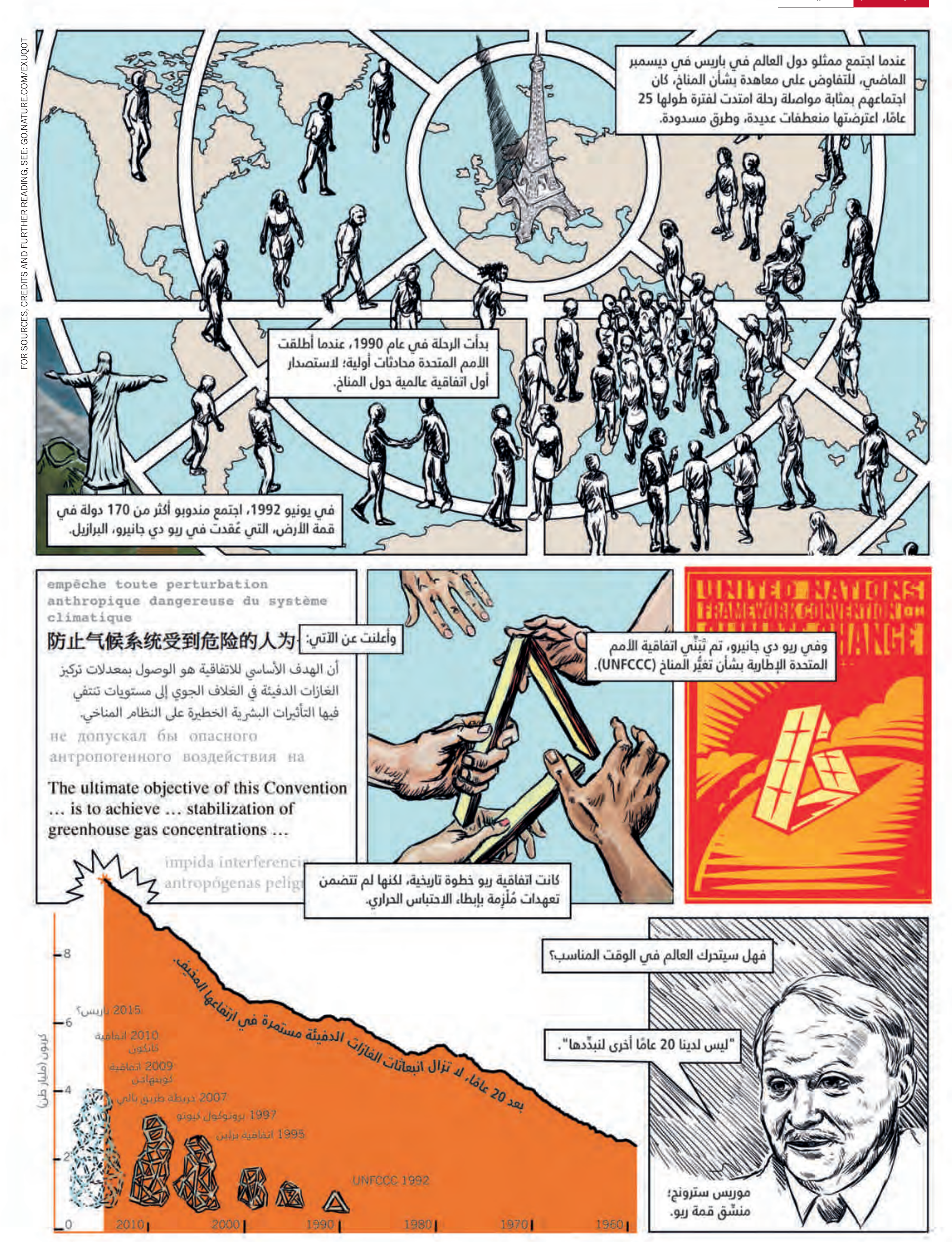
إطار العمل الهَشّ

هل يمكن للدول أن تتحد؛ لإنقاذ مناخ الأرض؟

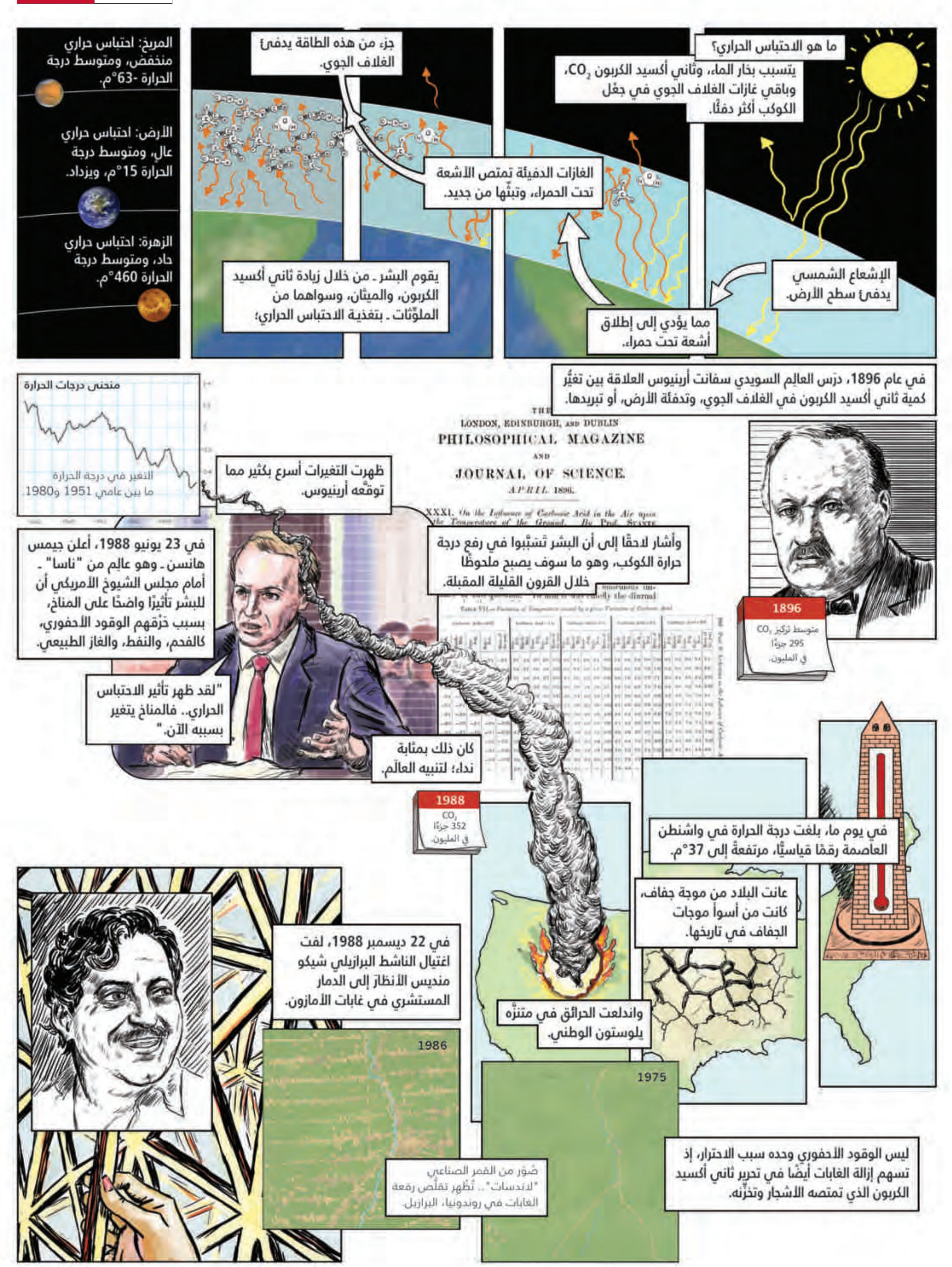
ريتشارد موناستريسكي،
ونيك سوسانيس

محادثات المناخ في باريس
ملف خاص من دوريـــة *Nature*
nature.com/parisclimate

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

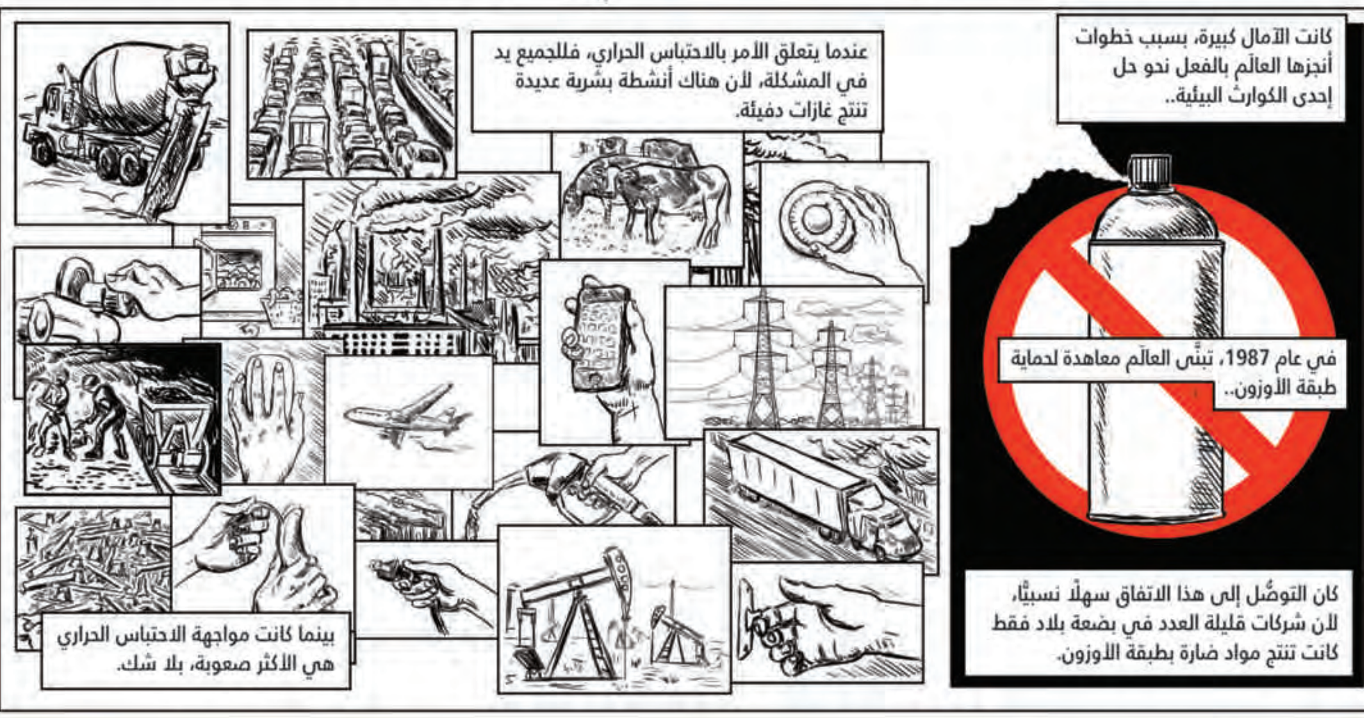


تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

استجابةً للمشكلة المتنامية؛ أنشأت الأمم المتحدة اللجنة الحكومية الدولية المعنيَّة بالتغيُّر المناخي IPCC في عام 1988؛ لدراسة هذه القضية.



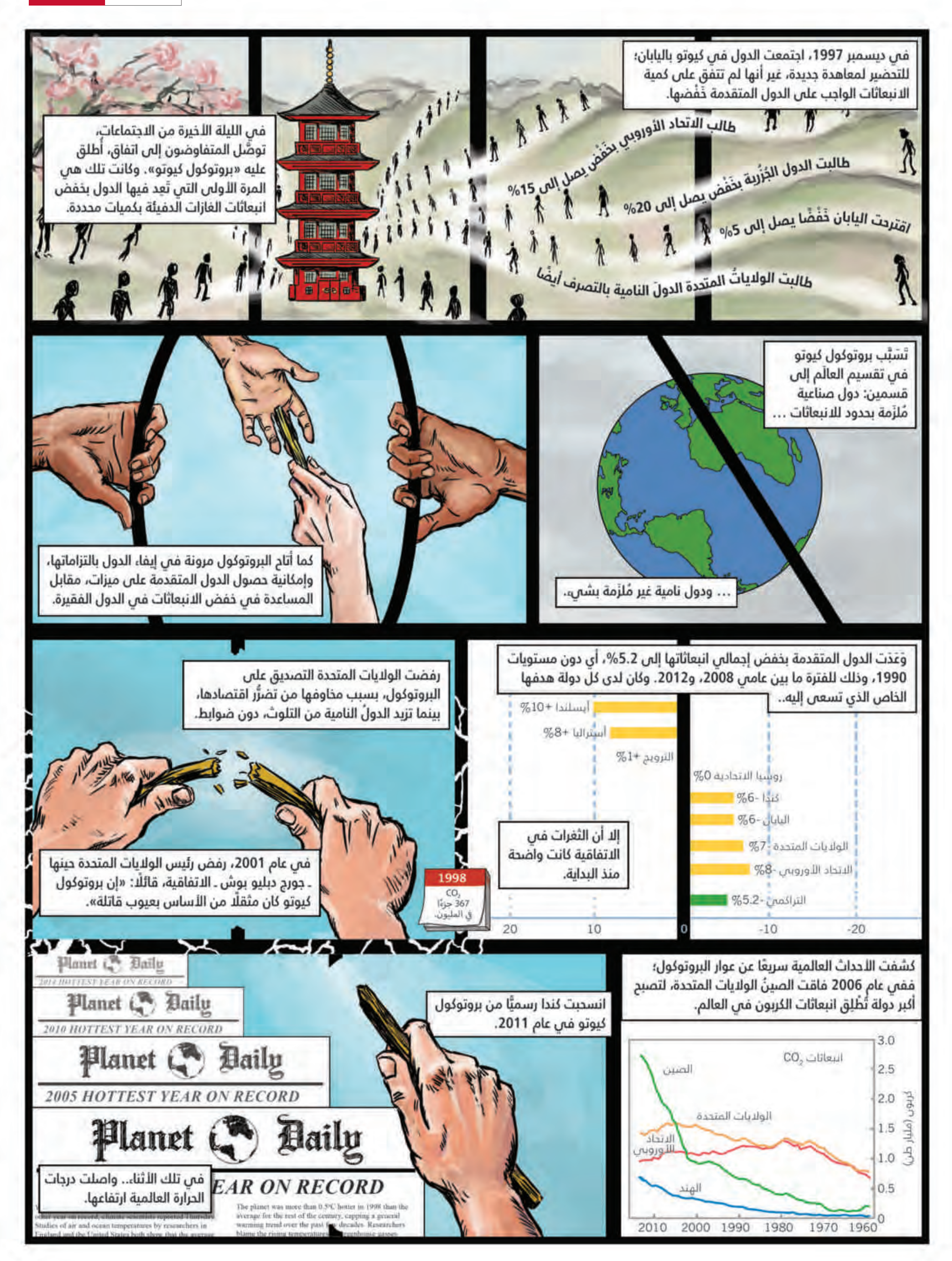
في الاجتماع الأول للّجنة، ناشد مصطفى طلبة ـ مدير برنامج الأمم المتحدة للبيئة ـ العلماء، لاستخدام الوقت المتبقي من القرن (4 آلاف يوم فقط) في معالجة التغير المناخي.







تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أثناء مفاوضات المناخ، حاول العلماء إظهار نوع العالَم الذي ينتظر الأجيال المقبلة، إذا ما استمر الاحتباس الحراري.

اعتمدت تلك التكهنات على نماذج الأنظمة المناخية المعقدة، التي قسّمت العالَم إلى ملايين الخلايا..

وكذلك المحاكاة ثلاثية الأبعاد للغلاف الجوي، والمحيطات، والغلاف الحيوي.

كان لدى الباحثين ثقة في نماذجهم، إذ أمكنهم بواسطتها محاكاة خصائص كل من المناخ الماضي، والمناخ الحالي.

النموذج

المشاهدات

بالنظر إلى المستقبل، تتنبأ النماذج باللون الأحمر...

التغير المتوقع في درجات الحرارة في عام 2100 مع متوسط احتباس حراري يبلغ 4°م.

على الرغم من اتفاق العلماء على أن البشر يتسببون في احترار الكوكب، إلا أن هناك سياسيين ينكرون تلك الحقيقة.

«مع كل هذه الهستيريا، وكل هذه المخاوف، وهذا العلْم الزائف، ألا يجوز أن يكون الاحتباس الحراري الناتج عن الأنشطة البشرية هو أكبر خدعة اقتُرفت في حق الشعب الأمريكي؟» – السيناتور الأمريكي جيمس إينهوف، 2003.

بينما دافع سياسيون آخرون عن علم المناخ.

«يجب أن نحقِّق في المشروعات المموَّلة جيدًا من قِبَل شركات نفط معينة؛ لخلق حوار، تُطرح خلاله الشكوك حول حقيقة الاحتباس الحراري». – المندوب الأمريكي هينري واكسمان، 2006.

2003

CO_2 376 جزءًا في المليون

في عام 2003، عانت أوروبا من موجة حرارة طويلة، أدَّت إلى وفاة حوالي 70 ألف شخص.

زيادة عدد الوفيات يوميًّا

31 يوليو

31 أغسطس

كانت الآثار آخِذة في الظهور بصورة أوضح.. ففي عام 2007، صرَّحت IPCC: «لقد بات الاحتباس الحراري أمرًا لا لبس فيه».

ولاحقًا في العام ذاته، حصلت IPCC على جائزة "نوبل" للسلام؛ بسبب جهودها.

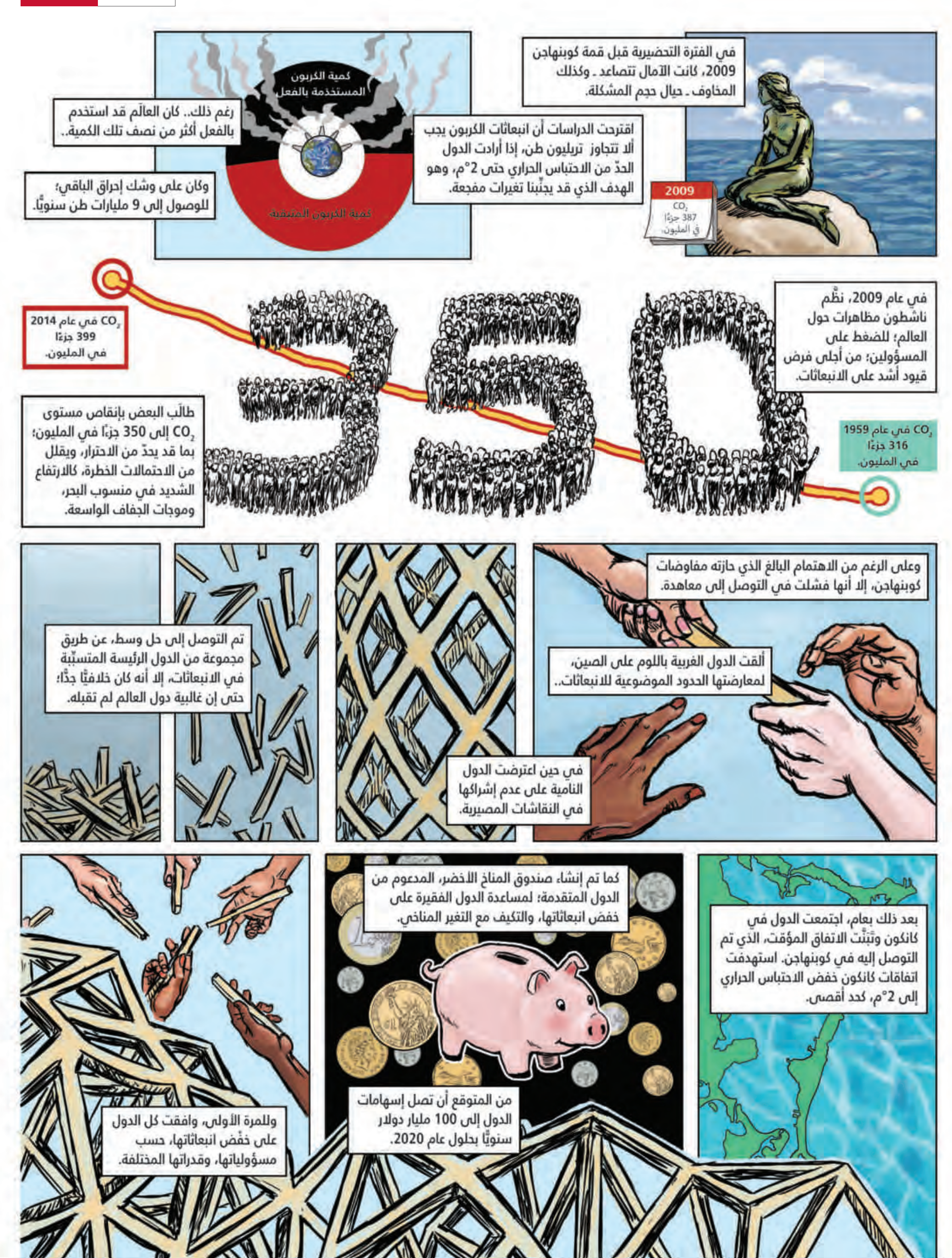
في الوقت الذي كثَّف فيه العلْم جهوده، استمرت المفاوضات حثيثة، وجرى لقاء دولي في بالي في ديسمبر 2007.

للمرة الأولى، وافقت الدول النامية على «إجراءات تخفيفية» من اختيارها؛ للحدّ من التغير المناخي.

سيطرت مشاعر العناد والنزاع على المباحثات، حتى إن رئيس الجلسة انهار بالبكاء، إلا أنه تم الاتفاق على موعد، أقصاه عام 2009؛ للانتهاء من صياغة معاهدة تتضمن التزامات جديدة على الدول المتقدمة.

واتفق المشاركون على أن تعالج المعاهدة المقبلة قضية إزالة الغابات.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تعليقات

تاريخ زملاء مبتدئون أقل شهرة ساعدوا آينشتاين في بلورة النظرية النسبية العامة **ص. 41**

كريسبر هيئات استشارية متنوعة، ومنظمات علمية ووكالات تمويل تتمهل بشأن تحرير الجينوم البشري **ص. 44**

الاستدامة خمسة كتب من الأعمال الكلاسيكية تطرح مسألة الاستدامة لأول مرة، باعتبارها قضية عامة **ص. 49**

تأبين ريتشارد هك، عالِم الكيمياء العضوية، وأبحاثه في مجال الحَفْز باستخدام مركّبات البلاديوم **ص. 54**

ILLUSTRATION BY DAVID PARKINS

مــا وراء المباحثـــات

يناقش **ديفيد فيكتور**، و**جيمس ليب** بدء المساعي الحقيقية لإزالة الكربون، عقب توقيع المعاهدة في مؤتمر باريس بشأن المناخ.

بعد سنوات من الفشل في صياغة اتفاقيات عالمية بشأن التغير المناخي، كان من المتوقع أن يحسِّن مؤتمر الأمم المتحدة بشأن المناخ ـ الذي انعقد في باريس ـ من الوضع الراهن. وكان من المتوقع اعتماد النص التطبيقي الذي صاغه الدبلوماسيون، والْتِزام الشركات والجماعات البيئية المشمولة بهذه العملية بتطبيق آليات جديدة غير مسبوقة.

هذا.. وتقوم الحكومات، ومصارف التنمية، والمؤسسات، بجمع تبرعات؛ لمساعدة البلدان الأكثر فقرًا، مقابل خفض الانبعاثات، والاستعداد للتغير المناخي[1]، وهو الأمر الذي شكَّل نقطة الخلاف الأساسية في عام 2009 في مؤتمر المناخ الشامل السابق، الذي انعقد في كوبنهاجن، والذي اختُتم بحالة من الفوضى. وقد أعدَّت الأمم المتحدة والمضيفون الفرنسيون جدول أعمال متطورًا؛ لتضافر كل هذه الجهود معًا. كما تحدث رجال الدين بكثرة عن مخاطر التغير المناخي غير المراقَب.

سوف تعمل الأخبار المبشِّرة الناتجة عن اجتماعات مؤتمر باريس على بناء الثقة، وهو العنصر الحاسم في التعاون الدولي الفعال. وسوف تؤسس الشركات والحكومات استثماراتها المستقبلية على أساس معدَّل أقل للانبعاثات، وذلك عندما يُعتقد أن الآخرين سيفعلون بالمثل[2]. وستثبت المعاهدة مدى قابلية تطبيق النموذج التصاعدي المرن لدبلوماسية المناخ، وذلك تبعًا للتعهدات الوطنية التي تتكيف مع القدرات



ومعايير التفضيل المختلفة. وعلى النقيض من ذلك.. طالبت الأهداف والجداول الزمنية الصارمة لبروتوكول كيوتو بتقليل البواعث العالمية.

مع ذلك.. لا بد من وجود قَدْر من الاعتدال، حيث أضحت المعاهدات متاحة الآن فقط، لأن الدبلوماسيين يؤجلون المشكلات الشائكة، مثل كيفية محاسبة الدول المسؤولة، كما قد يخبو بريق مسألة إشراك قطاع الأعمال في الأمر عندما يقل تسليط الضوء على المسألة. والآن، بات من المحتمل ظهور أخبار جيدة عن تمويل المناخ، نظرًا إلى الغموض الذي يهيمن على دمج التمويل العام ـ الذي تصعب تعبئته، وكذلك يصعب إنفاقه بفعالية ـ بالتمويل الخاص، الذي يُعتبر وفيرًا، ولكن في معظم الأحيان يندر أن يركز على الأهداف العالمية.

يعتمد نجاح مؤتمر باريس على نتائجه، وما سيعقبها بعد ذلك. وسوف يتوجب على الدبلوماسيين عمل ◄

◄ الكثير حتى عام 2020، حيث إن الاتفاقات الرئيسة سوف تفرض تأثيرها الكامل. ويجب أن ينتقل المجتمع المدني ـ ولا سيما قطاع الأعمال ـ من تقديم الوعود الجريئة إلى خفض الانبعاثات فعليًّا. كما يتوجب على الحكومات وقطاع الأعمال التأسيس والاستثمار في آليات المراجعة والمساءلة، وذلك للتأكيد على حفاظهم على التزاماتهم، وهو المجال الذي تلعب المنظمات غير الحكومية دورًا حاسمًا فيه. ويجب أن يتابع العلماء الأبحاث ذات الصلة المباشرة بصناعة السياسات، فضلًا عن تقييم الأسباب الكامنة وراء التغير المناخي وتأثيراته.

إشراك قطاع الأعمال

يكمن التحدي الأكثر أهمية في الحفاظ على مشاركة قطاع الأعمال. فمن السهل على الشركات أن تَعِد بالتزامات عندما تراقبها وسائل الإعلام العالمية والقادة السياسيون. ومن الصعب تنفيذ التغييرات في الحالة التي ستؤدي فيها المنافسة الحادة إلى المخاطرة بالاستثمار في تكنولوجيات وتطبيقات أكثر تكلفة، ولكن أقل تلويثًا للبيئة.

تُعتبر التعهدات التي تقدمها شركات عديدة وحكومات، للحدّ من إزالة الغابات، هي المثال الأبرز على إشراك قطاع الأعمال[3]، حيث إنه في عام 2010 أعلن منتدى السلع الاستهلاكية ـ الذي يضم أكبر تجار التجزئة، وشركات المنتجات الاستهلاكية ـ أن أعضاءه سيستبعدون إزالة الغابات من سلاسل التوريد الخاصة بهم، ولا سيما زيت النخيل، وفول الصويا، ولحم الأبقار، والأخشاب، واللب. وقد اتبعت أكثر من 300 شركة هذا الاتفاق (انظر: www.supply-change.org). كما وعد التجار والمُصَنِّعون الرائدون لزيت النخيل في إندونيسيا ـ التي تمثل نصف إمدادات العالم من هذا الزيت ـ بوقف إزالة الغابات وأراضي الخث[4]. ويُعتبر زيت النخيل السبب الأساسي في الحرائق التي نشرت الضباب الخانق في المنطقة منذ أغسطس الماضي، حيث ألحق الضرر بأكثر من 40 مليون شخص، وتَسَبَّب في انبعاثات يومية من الغازات الدفيئة، تفوق تلك التي تُطْلِقها الولايات المتحدة.

لا يمكن ضمان أن تؤدي هذه التعهدات إلى تغييرات دائمة في سلاسل التوريد المعقدة، بدءًا من كيفية إدارة الأرض، ومرورًا بإنتاج الزيت، وصولًا إلى المنتجات الاستهلاكية. وحاليًّا، هناك دلائل على وجود مشكلات بالفعل، حيث تتعهد غالبية الشركات بأن تصبح أكثر استدامة عند وجود ضغط عليها من المنظمات غير الحكومية[5]. وقد تولَّى أحدنا - جيمس ليب - قيادة الصندوق العالمي للحياة البرية لمدة تسع سنوات، وخلال هذه الفترة كان للمنظمة إسهامات محورية في الكثير من هذه الجهود. وتخشى الشركات من رد فعل المستهلك، في حال ارتبطت منتجاتها بتدمير البيئة[6] (انظر: go.nature.com/5l8yjm). وعقب اجتماعات باريس، يجب على الرؤساء التنفيذيين تفعيل التغييرات في صفوف منظماتهم ومورديهم؛ ويجب على المنظمات غير الحكومية التعاون مع الشركات؛ لتأمين إصلاحات أوسع في البلدان الرئيسة المنتجة.

يتطلب تحويل كل الصناعات إلى النماذج الإنتاجية الأكثر استدامةً وجود تعاون بين الحكومة، وقطاع الأعمال، والمجتمع المدني. ولا بد من وضع قيود جديدة على الحوافز الاقتصادية، بحيث لا تستطيع أي شركة أن تستفيد منها في حالة استمرارها في تدمير الغابات، على سبيل المثال. وسوف تتنوع الحلول، تبعًا للبلد والمكان، لكن الحلول العامة ستنطوي على القرارات الأفضل ـ القوانين والأنظمة المالية، وحقوق الملكية والإدارة العامة، والاستثمار في مساعدة البلدان والمجتمعات وصغار المنتجين ـ التي ستساعد في تحقيق الانتقال إلى الاستدامة.

وقد أظهرت البرازيل ما يمكن فعله في هذا الصدد، حيث إنه في الفترة الممتدة بين عامي 1995 و2005 بلغ متوسط إزالة الغابات في منطقة الأمازون في البرازيل حوالي 19,500 كيلومتر مربع سنويًّا، وهو ما يقارب مساحة إسرائيل[7]. وبحلول عام 2012، انخفض ذلك المعدل بنسبة 70%، بالرغم من ازدهار إنتاج اللحم البقري وفول الصويا، حيث تم تطبيق مجموعة من التدابير التالية: تم ربط التزامات الشركات بالقوانين الصارمة، وربط المراقبة بالأقمار الصناعية، وفرض إجراءات صارمة لتنفيذ الالتزامات، وفرض قيود على الحصول على الأموال بالنسبة إلى المَزارع الواقعة في منطقة ذات معدَّل إزالة عالٍ للغابات، وإنشاء المناطق المحمية، والحفاظ على المحميات المحلية، وتحسين أمور حيازة الأراضي وإدارتها. وقد عملت الحكومة الاتحادية في البرازيل بشكل وثيق مع مصنِّعي لحوم الأبقار وفول الصويا، والمنظمات غير الحكومية، والشركاء الدوليين. فعلى سبيل المثال.. في عام 2008 الْتَزَمَت النرويج بمَنْح ما يقدَّر بمليار دولار أمريكي للبرازيل، لأنها أرادت أن تثبت طرقًا عملية جديدة لحماية الغابات عالميًّا. وبالرغم من ذلك.. لا يزال تقدُّم البرازيل ضعيفًا، حيث ازدادت نسبة إزالة الغابات في منطقة الأمازون على مدى الثمانية عشر شهرًا الماضية.

«من السهل على الشركات أن تَعِد بالتزامات عندما تراقبها وسائل الإعلام العالمية والقادة السياسيون».

بغض النظر عن موضوع إزالة الغابات، فقد بات موضوع الْتِزَام الصناعة بالحدّ من الانبعاثات مشوَّشًا. وتعهدت عشرات الشركات والحكومات، التي تتسبب في إطلاق 40% من غاز الميثان المنبعث من إنتاج الزيت والغاز، بالقضاء على تلك الانبعاثات بحلول عام 2030، (على سبيل المثال، انظر: go.nature.com/beuw2z)، إلا أن التفاصيل المتاحة عن الآلية التي ستُستخدم لرصد هذا التعهد قليلة، كما هو الحال في خطة توسيع التعهد؛ ليشمل بقية الصناعات العالمية.

يتطلع قطاع الأعمال إلى ما بعد مؤتمر باريس؛ ليرى نقاط التحول التي يمكن أن تَحْدُث نتيجةً لانعقاده. كما تبحث الحكومات عن الدلائل التي تشير إلى تمكُّن الصناعة من تقليل الانبعاثات بتكلفة مقبولة، وتشكِّك في قدرة الدول المنافِسة على اتخاذ الإجراءات اللازمة. وبالنظر إلى كل النوايا الحسنة في مؤتمر باريس، فإن هذه المشكلة المستعصية – البيضة أولًا، أم الدجاجة - تحتل حيزًا كبيرًا، وهذا يفسر السبب الكامن وراء احتياج سياسة المناخ إلى التعاون الدولي، كما يفسر التقدم الضئيل المُحرَز على مدار 25 عامًا. ويجب أن تتصدى الحكومات لمشكلة المعلومات المجهولة الكثيرة حول تكلفة هذا التخفيف، وما إذا كانت البلدان الأخرى ستفي بالتزاماتها، أم لا[8]. وإلى أن تزداد الثقة في التعاون الدولي، سيتكلم السياسيون وقادة الأعمال بعبارات براقة، ولكنهم لن ينجزوا إلا القليل[2].

الدبلوماسية الجديدة

كان التفاؤل المعوَّل على مؤتمر باريس ـ إلى حد ما ـ راجعًا إلى نظام التفاوض التصاعدي الجديد، الذي تُعتبر مرونته مناسبة من الناحية النظرية لصياغة السياسة في المناطق التي يكون التعاون ضروريًّا فيها، لكن الدول غير متأكدة مما هو مُجْدٍ[2,8]. وتتيح التعهدات الوطنية للحكومات مواءمة التزاماتها مع الأولويات الوطنية، ويُرمز إلى هذه التعهدات في المصطلحات الدبلوماسية باسم: «الإسهامات المزمَعة على المستوى الوطني» INDCs. وقد أسفر هذا النهج عن التزامات ثابتة، لا سيما من دول مثل الولايات المتحدة، والصين، والهند، التي تُعَدّ مرونتها حول الالتزامات القانونية الدولية غير ثابتة، ولكنها ذات رغبة في القيام بدورها العالمي الكامل. فعلى سبيل المثال.. ستساعد تعهدات الصين في الإبطاء من الاحتباس الحراري، مع معالجة مخاوفها حيال الحدّ من تلوث الهواء، وتحقيق أمن الطاقة.

وبرغم ذلك.. تُعتبر أنظمة التعهد جالبة لبعض المخاطر، حيث تُعتبر الجولة الحالية للإسهامات المزمعة على المستوى الوطني فقيرة المحتوى. وقد فشلت بُلدان في إصدار أي تقارير، كما تَغَيَّب قطاع الصناعة عن المشاركة في هذه العملية. وما لم يتم تحسين نظام التعهدات، فإنه سيُستخدم بمثابة رخصة لعدم القيام بأي شيء، وهو الأمر الذي تَسَبَّب في تحوُّل خطط العمل السابقة إلى ممارسات عملية ضعيفة، كما هو الحال في مبادرة التعاون بين آسيا والمحيط الهادئ لإنماء ومناخ نَقِيَّين، التي أطلقها الرئيس الأمريكي جورج بوش في عام 2005، وذلك بعد رفض الولايات المتحدة التصديق على بروتوكول كيوتو. كما يتوجب على الالتزامات أن تكون تفصيلية وشفافة بما يكفي، بحيث تُمكِّن الدبلوماسيين من ربط الجهود الوطنية بالمزيد من الاتفاقات الجماعية الأعلى طموحًا. ويجب أن تكون الأولوية ـ بعدما انتهى مؤتمر باريس ـ لتطوير معايير أكثر صرامة للتعهدات الوطنية، وكذلك لعمل أنظمة مراجعة صارمة.

الطريق الذي أمامنا

يمكن تحقيق الكثير عن طريق منظومة الأمم المتحدة، التي تستوجب عادةً الإجماع، كما أنه من السهل أن تعرقل الدول المتردِّدة هذا التقدم. وسيتوجب على البلدان والشركات إيجاد سبل للعمل في مجموعات مركزة، أصغر وأكثر واقعية، جنبًا إلى جنب مع الأهداف العالمية واسعة النطاق[8]. ولا يمكن أن تُلْقَى مهمة القيام بهذا على عاتق منطق إيثار الغير، بل يتطلب الأمر الانتباه إلى المصلحة الشخصية، حسبما بيَّن مثال زيت النخيل، ولا بد من الضغط على الحكومات والشركات؛ لإعادة التفكير في مصالحها الشخصية.

يجب على المتطوعين بذل المزيد من الجهود في البلدان التي ترغب في العمل وفقًا لهذا النظام المرن، على سبيل المثال.. من خلال تقديم الإسهامات المزمعة على المستوى الوطني، الخاصة بهم، لتخضع للتقويم والمراجعة. وقد توجَّب أن تبرز الولايات المتحدة والصين اتفاق المناخ الثنائي، المحرَز في نوفمبر 2014 ـ حيث تعهَّد الاتفاق بوضع قيود على الانبعاثات، وبذل جهود لإجراء بحث مشترك حول التكنولوجيات الجديدة ـ لتتم مراجعته بدقة من قِبَل جهات مستقلة، مثل منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، والبنك الدولي. ونظرًا إلى المصلحة الكبيرة لهذين البلدين في إظهار فعالية عملية تنفيذ التعهدات، سيتوجب عليهما تحمل عبء إثبات صحة الادعاء[8].

يتوجب على الشركات أيضًا أن تدرك أنه لن يتم تصديق جهودها، إلا في وجود الشفافية والمساءلة الجماهيرية،

وفي وجود أعمال محسوسة، نتيجة التعهدات المشتركة. ومن الضروري إعادة النظر في تعهدات الصناعة، جنبًا إلى جنب مع التزامات الحكومة، وعلى الشركات الرائدة التي تجني الكثير من نظام الإدارة الجديد المذكور أن تستثمر في التقييمات النقدية المستقلة التي يحتاج إليها هذا النظام. هذا.. وتلعب المنظمات غير الحكومية دورًا أساسيًّا في الشركات القابضة، من حيث حساب وتقييم الدرجة التي تقترب فيها قِيَم التخفيض الموضوعة من القِيَم الحقيقية، مع عدم وجود ازدواجية في الحساب، وتحديد المواضع التي تتطلب بذل مجهود إضافي.

وبالنسبة إلى الأكاديميين، يتطلب العالَم الدبلوماسي التصاعدي وجود مهارات جديدة. ولا تزال هناك حاجة إلى التقييمات العالمية الدورية للعلم الحديث والثغرات الموجودة بين تعهدات كل من الحكومات والشركات، ولمتطلبات حماية الكوكب. وبالمثل، من الضروري أن تتنبأ الأبحاث متداخلة التخصصات بآلية عمل أنظمة الإدارة اللامركزية الفوضوية. كما سيتحتَّم على العلماء، بما فيهم علماء الاجتماع، أن يراقبوا معًا كيفية تطور المجتمعات، وتنفيذ الإصلاحات السياسية، وذلك عند تقييم الأمور النافعة، بحيث تصبح الأبحاث أكثر إفادة لصانعي السياسات.

مما لا شك فيه أن المتشككين سيرددون أنهم رأوا واقعًا فوضويًّا في مؤتمر باريس، وسيعلنون أن هذا الحدث أخفق في تحقيق الأهداف التي نوقشت على نطاق واسع، مثل وقف الاحترار عند الدرجة 2° مئوية فوق مستويات ما قبل الصناعة. والمقياس الأفضل هنا هو تمكُّن باريس من أن تستحوذ على حصة متزايدة من الصناعة والحكومات لصالح مهمة معالجة المناخ. ويجب أن يبدأ العمل الحقيقي من أجل إزالة الكربون، بعدما انفضَّت الاجتماعات في باريس. ■

ديفيد فيكتور أستاذ العلاقات الدولية في كلية السياسة والاستراتيجية الدولية في جامعة كاليفورنيا، سان دييجو، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية. **جيمس ليب** أستاذ استشاري في كلية علوم الأرض والطاقة والبيئة، وفي معهد وودز للبيئة في جامعة ستانفورد، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
وكلاهما عضوان كذلك في مجلس الأجندة العالمية للمنتدى الاقتصادي العالمي في إدارة الاستدامة.
البريد الإلكتروني: david.victor@ucsd.edu; jleape@stanford.edu

1. OECD. *Climate Finance in 2013–14 and the USD 100 Billion Goal* (OECD, 2015).
2. Victor, D. G. *Global Warming Gridlock* (Cambridge Univ. Press, 2011).
3. Hsu, A. *et al. Nature Clim. Change* **5,** 501–503 (2015).
4. Carlson, K. M. & Curran, L. M. *Carbon Mgmt* **4,** 347–349 (2014).
5. Potoski, M. & Prakash A. (eds) *Voluntary Programs: A Club Theory Perspective* (MIT Press, 2009).
6. Overdevest, C. & Zeitlin, J. *Regul. Gov.* **8,** 22–48 (2014).
7. Nepstad, D. *et al. Science* **344,** 1118–1123 (2014).
8. Sabel, C. F. & Victor, D. G. *Clim. Change* http://dx.doi.org/10.1007/s10584-015-1507-y (2015).





GROSSMANN, EINSTEIN: ETH-BIBLIOTHEK ZÜRICH/BILDARCHIV; BESSO: BESSO FAMILY/AIP EMILIO SEGRE VISUAL ARCHIVES

أصدقاء أينشتاين في الجامعة، ميشيل بيسو من اليمين، ومارسيل جروسمان من اليسار، وفي المنتصف ألبرت أينشتاين. كانت لكليهما إسهامات مهمة في النظرية النسبية العامة.

أينشتاين لم يكن العبقري الوحيد..

يوضح **ميشيل يانسن**، و**يورجن رين** أن الزملاء المبتدئين والأقل شهرة قد ساعدا الفيزيائي الكبير في بلورة النظرية النسبية العامة .

منذ قرن مضى، وتحديدًا في نوفمبر من عام 1915، نشر ألبرت أينشتاين النظرية النسبية العامة في أربع ورقات موجزة، وذلك أثناء مناقشات الأكاديمية البروسية للعلوم في برلين[1]، وفي الغالب تُعرَض النظرية الإبداعية على أنها عمل شخص عبقري واحد، ولكن في حقيقة الأمر أنّ الفيزيائي أينشتاين تلقَّى قدرًا كبيرًا من المساعدة من الأصدقاء والزملاء، ولم يبرز معظمهم على الساحة قط، بل تم نسيانهم[2-5] (للمزيد من التفاصيل المرجعية الكاملة لجميع النصوص أينشتاين المذكورة في هذا المقال، اقرأ المعلومات التكميلية على الرابط: go.nature.com/ufcgp9).

سنورد فيما يلي حكاية دور وجهات نظرهم في بلورة الصيغة النهائية للنظرية، حيث كان لصديقَي المرحلة الدراسية أهمية خاصة في حياة أينشتاين، وهما مارسيل جروسمان، وميشيل بيسو. كان جروسمان عالمًا ◄

موهوبًا في الرياضيات، وطالبًا منظمًا، إذ ساعد أينشتاين صاحب البصيرة والخيال الرفيع في اللحظات الحاسمة. وكان بيسو مهندسًا حالمًا، وغير منظم إلى حد ما، كما كان صديقًا ودودًا مدى الحياة لأينشتاين. هذا.. وقد كان لآخرين إسهاماتهم أيضًا.

التقى أينشتاين بكل من جروسمان، وبيسو في المدرسة السويسرية الاتحادية للفنون التطبيقية في زيورخ[6]، وقد سُمي المعهد الاتحادي السويسري للتكنولوجيا لاحقًا (المعهد التقني الفيدرالي العالي ETH)، حيث إنه في الفترة ما بين عامي 1896، و1900 كان يدرس ليصبح معلم مدرسة في الفيزياء والرياضيات. كما التقى أينشتاين أيضًا بزوجته المستقبلية ميليفا ماريك التي كانت زميلته على مقاعد الدراسة في معهد ETH. وتقول الأسطورة إن أينشتاين كان يتغيب عن الفصل الدراسي في كثير من الأحيان، معتمِدًا على مذكرات جروسمان لاجتياز الامتحانات.

في عام 1902، ساعد والدُ جروسمان أينشتاين في تأمين وظيفة بمكتب تسجيل براءات الاختراع في برن، ثم انضم إليه بيسو بعد ذلك بعامين. وحازت المناقشات التي جرت بين بيسو وأينشتاين على الاعتراف والتقدير الوحيد الأبرز في أوراق أينشتاين الأكثر شهرة في عام 1905، وهي تلك التي تسرد النظرية النسبية الخاصة. وكذلك نشر الأوراق التي جعلت من عام 1905 عام المعجزات، ثم أكمل أينشتاين أطروحته في ذلك العام لنيل شهادة الدكتوراة في الفيزياء من جامعة زيورخ.

وفي عام 1907، بينما كان أينشتاين لا يزال يعمل في مكتب براءات الاختراع، بدأ في التفكير في توسيع نطاق مبدأ النسبية من الحركة المنتظمة إلى الحركة العشوائية، وذلك من خلال نظرية جديدة للجاذبية. وكتب أينشتاين لصديقه كونراد هابيشت ـ الذي تعرَّف عليه في مجموعة قراءة في برن، اتفق أعضاؤها الثلاثة مازحين على تسميتها الأكاديمية الأوليمبية ـ بأنه يأمل في أن تفسِّر هذه النظرية الجديدة التباين بين تنبؤات نيوتن، والملاحظات المستنتَجة من حركة الحضيض الشمسي لكوكب عطارد، التي تُعرف بأنها النقطة الأقرب إلى الشمس من مداره. ويقدَّر هذا التباين بنحو 43″ (ثانية من القوس) في القرن الواحد.

بدأ أينشتاين العمل بشكل جدي على هذه النظرية الجديدة فور تركه لمكتب براءات الاختراع في عام 1909، ليوافق على منصب الأستاذ في جامعة زيورخ أولًا، وبعد عامين عمل أستاذًا في جامعة تشارلز في مدينة براج، حيث أدرك أنه يجب أن تُدمج الجاذبية مع منظومة الزمان والمكان، فعلى سبيل المثال.. الجسيم الذي لا يتعرض لأي قوة أخرى سيسير على المسار المستقيم الممكن من خلال المنحنى الزماني المكاني.

وفي عام 1912، عاد أينشتاين إلى زيورخ، واجتمع شمله مع جروسمان في معهد ETH، ووحَّد الاثنان جهودهما؛ لتوليد نظرية متطورة كليًّا. وكانت نظرية «جاوس» للأسطح المنحنية إحدى النظريات الرياضية المنسجمة مع عملهما، حيث عرفها أينشتاين غالبًا من ملاحظات جروسمان. وكما نعلم من المحادثات المذكورة، فقد كتب أينشتاين لجروسمان[7]: « يجب أن تساعدني في هذا، وإلا سأُجَنّ».

أسفر تعاونهما المذكور في «مذكرة زيورخ» لأينشتاين عن ورقة مشتركة نُشرت في يونيو 1913 باسم (Entwurf)، وهي كلمة ألمانية تعني «الموجز».

وتعتبر معادلات المجال هي التقدم الأساسي الذي تم تحقيقه ما بين نظرية «الموجز» في عام 1913، والنظرية النسبية العامة في نوفمبر من عام 1915، حيث تحدد كيف تسبِّب المادة انحناء الزمان والمكان. أما بالنسبة إلى معادلات المجال النهائية، فهي «التغاير العام»: وهي التي تحتفظ بشكلها، بغض النظر عن نظام الإحداثيات المُختار للتعبير عنها. وعلى النقيض من هذا.. فإن التغاير في معادلات المجال المذكورة في نظرية «الموجز» كان محدودًا للغاية.

النظريتان

في مايو من عام 1913، عندما وضع أينشتاين وجروسمان اللمسات الأخيرة على ورقة «الموجز»، طُلب من أينشتاين إلقاء محاضرة في الاجتماع السنوي لجمعية العلماء والأطباء الألمان الأصلاء، الذي يُعقد في شهر سبتمبر في فيينا. وتعكس تلك الدعوى التقدير الكبير الذي حاز عليه أينشتاين ذو الأربعة وثلاثين عامًا من بين أقرانه.

وفي يوليو 1913، قدَّم ماكس بلانك، وفالتر نيرنست ـ وهما من الفيزيائيان البارزان في برلين ـ إلى زيورخ، ليعرضا على أينشتاين وظيفة لأغراض غير تدريسية، وبأجر جيد في الأكاديمية البروسية للعلوم في برلين، فوافق أينشتاين سريعًا، والتحق بالوظيفة في مارس 1914. ولم تكن الجاذبية آنذاك مشكلة مُلِحَّة لبلانك ونيرنست، لأنهما كانا مهتمَّين في الأساس بما يمكن لأينشتاين أن ينجزه في فيزياء الكَمّ.

كما تم وضع العديد من النظريات الجديدة، حيث تم تمثيل الجاذبية فيها بمجال من المسطح الزماني والمكاني للنسبية الخاصة، مثل الكهرومغناطيسية.

> «خشي أينشتاين أن يسبقه هيلبرت لحل المعادلات، فهرع لطباعة معادلات جديدة».

وقدَّم الفيزيائي الفنلندي الشاب جونار نوردستروم إحدى هذه النظريات الواعدة الرئيسة. وفي محاضرة فيينا، قارن أينشتاين بين نظرية «الموجز» الخاصة به مع نظرية نوردستروم. وقد عمل أينشتاين على النظريتين في الفترة ما بين مايو وأواخر أغسطس في عام 1913، عندما قدَّم نص محاضرته للنشر في مناقشات اجتماع فيينا لعام 1913.

وفي صيف عام 1913، زار نوردستروم أينشتاين في زيورخ، حيث أقنعه أينشتاين بأن مصدر مجال الجاذبية في نظريتيهما يجب أن يُبنى على أساس «القوة الموترة لدفع الطاقة» في النظرية النسبية الأولية، التي يعبِّر فيها عن كل من الكثافة، وتدفق الطاقة، وزخم الحركة بكميات منفصلة، بينما كانت في النظرية النسبية تُدمج في كمية واحدة مؤلفة من عشرة مكونات مختلفة.

ظهر مفهوم «القوة الموترة لدفع الطاقة» لأول مرة في الفترة ما بين عامي 1907، و1908، عندما أعاد هيرمان مينكوفسكي صياغة النظرية النسبية الخاصة، المتعلقة بنظرية الديناميكا الكهربائية لجيمس كلارك ماكسويل، وهندريك أنطون لورنتز. وسرعان ما أصبح واضحًا أنه يمكن استخدام مفهوم «القوة الموترة لدفع الطاقة» في النظم الفيزيائية، بشكل أكبر منه في المجالات الكهرومغناطيسية. وقد احتل مفهوم القوة الموترة مركز الصدارة في الميكانيكا النسبية الجديدة المذكورة في الكتاب الأول للنظرية النسبية الخاصة «مبادئ النسبية» *Das Relativitätsprinzip*، الذي كتبه ماكس لاو في عام 1911. وفي عام 1912، تمكَّن الفيزيائي الشاب فريدريك كوتلر من فيينا من تعميم صيغة لاو، انطلاقًا من الشكل المسطح للزمان والمكان، وصولًا إلى الشكل المنحني، حيث اعتمد أينشتاين وجروسمان على هذا التعميم في صياغتهما لنظرية «الموجز». وأثناء محاضرته في فيينا، دعا أينشتاين كوتلر للوقوف؛ ليعرِّف الحاضرين بعمله[8].

في ذاك الصيف عمل أينشتاين مع بيسو أيضًا، للتحقق مما إذا كان بإمكان نظرية «الموجز» أن تفسر قيمة التباين 43″ ثانية المفقودة في القرن الواحد، في حركة الحضيض الشمسي لكوكب عطارد، أم لا. ومع الأسف، فقد وجدا أنها يمكن أن تفسر 18″ ثانية فحسب. وقد نتج عن نظرية نوردستروم التي اختبرها بيسو في وقت لاحق وجود 7″ ثوان في الاتجاه الخاطئ. وقد حُفظت هذه الحسابات في «مخطوطة أينشتاين-بيسو» لعام 1913.

أسهم بيسو ـ إلى حد كبير ـ في الحسابات، وأثار تساؤلات مهمة.. فقد تساءل ـ على سبيل المثال ـ عما إذا كان لمعادلات المجال في نظرية الموجز حل، لا التباس فيه، يحدد مجال جاذبية الشمس بشكل فريد. وافترض التحليل التاريخي للمخطوطات الموجودة أن هذا الاستعلام أعطى أينشتاين فكرة موفقة لمناقشة التغاير المحدود لمعادلات نظرية «الموجز». ويبدو أن هذا « الجدال العميق» أظهر أن معادلات مجال التغاير العامة لا يمكنها أن تحدد بشكل متميز مجال الجاذبية، وبالتالي فهي غير مقبولة[9].

تَحَقَّق أينشتاين وبيسو أيضًا مما إذا كانت معادلات نظرية «الموجز» يمكن تطبيقها على النظام ذي الإحداثيات الدورانية، أم لا. وفي هذه الحالة يتم تعريف قوى القصور الذاتي للدوران على أنها قوى جاذبية، مثل قوة الطرد المركزي التي نختبرها في لعبة «الخيل الخشبية الدوارة». وهنا بدا أن النظرية تمكنت من اجتياز هذا الاختبار، ولكن في أغسطس 1913 حذَّره بيسو بأنها لم تنجح في اجتياز ذاك الاختبار، إلا أن أينشتاين لم يستجب للتحذير، الذي عاد ليطارده لاحقًا.

في محاضرته في فيينا في سبتمبر من عام 1913، اختتم أينشتاين مقارنته للنظريتين بدعوة لإجراء تجربة لاتخاذ القرار، حيث تتنبأ نظرية «الموجز» بأن الجاذبية تعمل على انحناء الضوء، في حين أن هذا لا يحدث في نظرية نوردستروم. وسيستغرق هذا الأمر خمس سنوات أخرى لمعرفة ذلك، ثم قام إروين فينلي فروينդليتش ـ الفلكي الصغير في برلين، الذي كان على اتصال بأينشتاين عند وجوده في مدينة براج ـ بالسفر إلى شبه جزيرة القرم، لحضور كسوف للشمس في أغسطس من عام 1914؛ وذلك لتحديد ما إذا كانت الجاذبية تسبب انحناء الضوء، أم لا، ولكنه ما لبث أن اعتقله الروس فور اندلاع الحرب العالمية الأولى. وأخيرًا، في عام 1919، أكّد الفلكي الإنجليزي آرثر إدينجتون تنبؤ أينشتاين بانحناء الضوء، من خلال مراقبة انحراف النجوم البعيدة، التي رُصدت على مقربة من حافة الشمس أثناء كسوف شمسي آخر، وهذا ما جعل من أينشتاين اسمًا مشهورًا[10].

عند عودته مرة أخرى إلى زيورخ، عقب محاضرته في فيينا، تعاون أينشتاين مع فيزيائي شاب آخر، اسمه أدريان فوكر، وهو طالب عند لورنتز، وذلك بهدف إعادة صياغة نظرية نوردستروم باستخدام

النظريات الرياضية نفسها، التي سبق أن اعتمدها هو وجروسمان عند صياغة نظرية «الموجز». ووضح أينشتاين وفوكر أنه في النظريتين يمكن إدراج مجال الجاذبية في نظام الزمان والمكان المنحني. وأعطى هذا العمل أيضًا أينشتاين صورة أوضح لهيكلية نظرية «الموجز»، حيث ساعدته هو وجروسمان في الورقة المشتركة الثانية لهذه النظرية. وتزامن تاريخ نشرها في مايو من عام 1914 مع مغادرة أينشتاين إلى برلين.

الطفرة العلمية

اندلعت الاضطرابات بعد وقت قصير من انتقال أينشتاين إلى برلين. فقد انهار زواجه، وعادت ميليفا إلى زيورخ مع ابنيهما اليافعين. وجدَّد ألبرت علاقته التي كان قد بدأها وقطعها قبل سنتين مع ابنة عمه إلسا لوينثال (ني أينشتاين)، ثم بدأت الحرب العالمية الأولى، ولم تُظهِر النخبة العلمية في برلين اهتمامًا بنظرية «الموجز»، على عكس الزملاء المشهورين في أماكن أخرى، مثل لورنتز، وباول إهرنفست في ليدن في هولندا. وبرغم كل ذلك.. واظب أينشتاين على عمله.

بحلول نهاية عام 1914، ازدادت ثقته بما فيه الكفاية لكتابة عرض مطوَّل عن النظرية، لكنه في صيف عام 1915، وبعد سلسلة محاضراته التي ألقاها في جوتنجن، التي أثارت اهتمام العالِم الرياضي الكبير ديفيد هيلبرت للتشكيك فيها، راودت أينشتاين شكوك خطيرة بشأن نظريته، حيث اكتشف أن نظرية «الموجز» لا تجعل الحركة الدورانية نسبية، أي أن بيسو كان محقًّا. وكتب أينشتاين إلى فروينדليتش للمساعدة: «كان العقل في سُبات عميق»، لذلك.. فقد أمل أينشتاين بأن يتمكّن الفلكي الشاب من إخباره بالخطأ الذي كان يرتكبه، وذلك لكونه «صديقًا حميمًا ذا دماغ بِكْر خام، لم يتلوث بعد»، إلا أن فروينדليتش لم يتمكن من مساعدته.

وسرعان ما أدرك المشكلة الكامنة في معادلات المجال في نظرية «الموجز». وخشي أينشتاين أن يسبقه هيلبرت لحل المعادلات، فهرع لطباعة معادلات جديدة في أوائل نوفمبر من عام 1915، وقام بتعديلها في الأسبوع التالي، ومن ثم عدَّلها مرة أخرى بعد أسبوعين في الأوراق اللاحقة المقدَّمة إلى الأكاديمية البروسية. وأصبحت معادلات المجال متغايرة أخيرًا.

في ورقة الأول من نوفمبر، كتب أينشتاين أن النظرية هي «انتصار حقيقي» لرياضيات كارل فريدريش جاوس، وبيرنهارد ريمان. وأشار في هذا البحث إلى أنه وجروسمان قد اعتمدا على المعادلات ذاتها من قبل، وأوضَّح بأنه لو أطلقوا لأنفسهم العنان بأن يسترشدوا بهدي الرياضيات البحتة، وليس الفيزياء، فإنهم عندها لم يكونوا ليقبلوا بمعادلات التغاير المحدود في المقام الأول.

برغم ذلك.. توجد مقاطع أخرى من ورقة الأول من نوفمبر، وكذلك أوراقه الأخرى ومراسلاته في الفترة ما بين عامي 1913، و1915 تروي قصة مختلفة. وبفضل توضيح نظرية «الموجز» بمساعدة جروسمان، وبيسو، ونوردستروم، وفوكر، تمكّن أينشتاين من معرفة كيفية حل المشكلات مع التفسير الفيزيائي لهذه المعادلات، وهو الأمر الذي شكَّل عقبة في طريقه سابقًا.

عند تحديد معادلات مجال التغاير العام في الورقتين الثانية والرابعة، لم يعلِّق أينشتاين على الجدال العميق السابق. وعندما ضغط عليه بيسو



المعهد التقني الفيدرالي العالي ETH في زيورخ، حيث التقى أينشتاين بأصدقاء، عمل معهم في النظرية النسبية العامة.

وإهرنفست بعد بضعة أسابيع من الورقة النهائية، بتاريخ 25 نوفمبر، وجد أينشتاين وسيلة للخروج من هذا المأزق، وذلك من خلال إدراكهم بأن الأحداث المتزامنة فحسب هي التي لها معنى فيزيائي، وليس الإحداثيات. وقد اقترح بيسو مَخْرجًا مماثلًا قبل عامين، إلا أن أينشتاين رفضه حينها بفظاظة[2].

في ورقة الثالث في نوفمبر، عاد أينشتاين إلى حركة الحضيض الشمسي لكوكب عطارد. ومن خلال إدخال البيانات الفلكية التي قدّمها فروينדليتش إلى الصيغة التي اشتقها بالاستناد إلى نظريته الجديدة، توصَّل أينشتاين إلى نتيجة وجود قيمة تباين 43″ ثانية في القرن الواحد، واستطاع بهذا أن يفسِّر كليًّا الفرق بين نظرية نيوتن وملاحظته. وقد كتب له هيلبرت في يوم 19 نوفمبر ساخرًا: «تهانينا للفوز على حركة الحضيض الشمسي، ولو كان بإمكاني القيام بالعمليات الحسابية بنفس سرعتك، فإنه سيتوجب على ذَرَّة الهيدروجين أن تقدِّم مذكرة تبرير من المنزل، لتعتذر عن عدم إشعاعها».

حافَظ أينشتاين على هدوئه، وهو الأمر الذي جعله قادرًا على القيام بالحسابات بسرعة، حيث كانت الاختلافات عمّا قام به مع بيسو في عام 1913 طفيفة. وربما كان يستمتع بكونه يذيق هيلبرت طعم دوائه المُر، حيث وصف أينشتاين في رسالة إلى إهرنفست، كتبها في مايو 1916، أسلوبَ هيلبرت بأنه «يخلق انطباعًا بكونه إنسانًا خارقًا عن طريق تشويش طرق الطرف الآخر».

أكد أينشتاين أن النظرية النسبية العامة بُنيت على أعمال عملاقَيِ الرياضيات: جاوس، وريمان، ولكنها بُنيت أيضًا على عمل شخصيات بارزة في الفيزياء، مثل ماكسويل، ولورنتز، وكذلك على عمل الباحثين الأقل شهرة، وخصوصًا جروسمان، وبيسو، وفروينדليتش، وكوتلر، ونوردستروم، وفوكر. وكما هو الحال في عديد من الطفرات العلمية الكبرى الأخرى في تاريخ العلم، كان أينشتاين يقف على أكتاف العديد من العلماء، وليس على أكتاف العمالقة المشهورين فحسب[4]. ■

ميشيل يانسن أستاذ في برنامج تاريخ العلوم والتكنولوجيا والطب في جامعة مينيسوتا، مينيابوليس، الولايات المتحدة الأمريكية. **يورجن رين** مدير معهد ماكس بلانك لتاريخ العلوم في برلين، ألمانيا.

البريد الإلكتروني: janss011@umn.edu ، renn@mpiwg-berlin.mpg.de

1. Stachel, J. *et al.* (eds) *The Collected Papers of Albert Einstein* (Princeton Univ. Press, 1987–2015).
2. Renn, J. (ed.) *The Genesis of General Relativity* Vol. 2 819–830 (Springer, 2007).
3. Gutfreund, H. & Renn, J. *The Road to Relativity* (Princeton Univ. Press, 2015).
4. Renn J. *Auf den Schultern von Riesen und Zwergen: Einsteins unvollendete Revolution* (Wiley VCH, 2006).
5. Janssen, M. & Lehner, C. (eds) *The Cambridge Companion to Einstein* (Cambridge Univ. Press, 2014).
6. Sauer, T. Marcel Grossmann and His Contribution to the General Theory of Relativity. *Proceedings of the 13th Marcel Grossmann Meeting* 456–503 (World Scientific, 2015).
7. Pais, A. *'Subtle is the Lord … ' The Science and the Life of Albert Einstein* 212 (Oxford Univ. Press, 1982).
8. Clark, R. W. *Einstein: The Life and Times* 156 (Knopf, 1971).
9. Norton, J. D. 'The Hole Argument' *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (ed. Zalta, E. N.) (Fall 2015 Edition); available at http://plato.stanford.edu
10. Crelinsten, J. *Einstein's Jury: The Race to Test Relativity* (Princeton Univ. Press, 2006).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

L. SOUCI/BSIP/SPL

الأجنة البشرية هي الأهداف الأوليّة لتحرير الجينوم.

طريــــق في الأدغــــال

هيئات استشارية متنوعة، ومنظمات علمية ووكالات تمويل تتمهل بشأن تحرير الجينوم البشري. ويضع كل من **ديبرا ماثيوز**، و**روبن لوفل بادج** وزملائهما إطارًا لبعض النقاط الرئيسة؛ لأَخْذها في الاعتبار.

أدَّت سهولة استخدام ودقة وكفاءة تقنية كريسبر/كاس9 لتحرير الجينوم إلى الاعتماد عليها بشكل واسع في مجال البحوث، فضلًا عن الاعتماد عليها في التطبيقات الأولية في الزراعة والعلاجات الجينية التي تشمل الخلايا غير الإنجابية (الجسدية). ومن الممكن أيضًا في بعض الدوائر استخدام كريسبر/كاس9، والتقنيات[1] ذات الصلة، في الخلايا الجنسية البشرية (الحيوانات المنوية والبويضات)، بالإضافة إلى استعمالها في الأجنة المبكرة[2].

في سبتمبر الماضي، قامت شبكة تُدعى مجموعة «هنكستون» متألفة من أكثر من 30 شخصًا من العلماء، وعلماء الأخلاقيات، وواضعي السياسات، ومحرري الدوريات، والممولين، بالتجمع في مدينة مانشستر بالمملكة المتحدة، وذلك بغرض معالجة القضايا الأخلاقية والسياسات المحيطة بتحرير الجينومات البشرية في مراحل التطور الأولى، وفي الخلايا الجنسية (انظر: go.nature.com/xikxv2). وكانت اجتماعات مماثلة قد عُقِدت ويُجرى عقدها في أماكن أخرى من العالم، كما نُشِر عدد من بيانات الموقف (على سبيل المثال.. go.nature.com/enfxjz وgo.nature.com/fes1wc). وفي الواقع كان من المخطط في ديسمبر الماضي أن تستضيف الأكاديميات الوطنية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب ما قد يكون أكبر تجمع من نوعه، وذلك بالتنسيق مع الأكاديمية الصينية للعلوم، والجمعية الملكية في لندن (انظر: go.nature.com/frauil).

وهنا.. نضع بعض النقاط الرئيسة المنبثقة عن اجتماع مجموعة «هنكستون»، التي من المرجح أن تحظى بمزيد من التركيز من جانب المجتمع الدولي في الأشهر المقبلة. والآراء الواردة هنا هي تلك الصادرة عن اللجنة التوجيهية للمجموعة، ولا تمثل بالضرورة وجهة نظر توافقية للمجموعة.

نقاط للنِّقاش

تتصاعد أسئلة أساسية مع مناقشة الهيئات الاستشارية في جميع أنحاء العالم التداعيات الأخلاقية والسياسية لتحرير الجينوم عند البشر. وفيما يلي أربعة منها:

- هل يجب السماح بتحرير الجينوم في البحوث الأساسية، التي تتضمن الحيوانات المنوية، والبويضات، والأجنة البشرية؟
- هل يجب الاقتصار على استعمال الأجنة المتبقية من الإخصاب المختبري في بحوث تحرير الجينوم فحسب، أم الأجنة التي يتم تخليقها خصيصًا من أجل البحوث؟
- ما هي معايير السلامة والكفاءة التي يجب تحقيقها، قبل أن نتمكن من وضع تحرير الجينوم في التطبيقات الإنجابية البشرية في الاعتبار؟
- إذا استُوفيَ تحقيق هذه المعايير، فما هي استعمالات تحرير الجينوم في التطبيقات الإنجابية البشرية التي قد يُسمح بها؟

خطوات موصى بها

ضع أُسُس إطار عمل تنظيمي نموذجي يمكن اعتماده دوليًّا. تتفق المجموعات المختلفة ـ ومن ضمنها مجموعتنا ـ على ضرورة معالجة العديد من القضايا التقنية وقضايا السلامة، قبل الاستخدام العملي لتقنيات تحرير الجينوم في التطبيقات الإكلينيكية الإنجابية. ويشاركنا الكثيرون أيضًا اعتقادنا الراسخ بأن الأبحاث الأساسية المعنية بتحرير الجينوم يجب ألا تتوقف، أو تواجه العراقيل. فدراسات كهذه ستكون ذات قيمة كبيرة على الأرجح، متضمنة تطبيقات التناسل البشري غير المنطوية على تحرير الجينوم، وربما في تطوير علاجات تستخدم خلايا جسدية (انظر: «فوائد أساسية»).

وبرغم ذلك.. حتى لو وافق عدد كبير من المجتمعات العلمية الدولية، ووافق الممولون الرئيسون للبحوث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الطبية الحيوية على هذه النقطة، فإن سهولة استخدام وإتاحة هذه التكنولوجيا تجعلها جاهزة للاستغلال مِن قِبَل المؤسسات المخادعة، أو المُدَّعِيَة، وخاصة في الولايات التي لا تملك قوانين صارمة للتحكم في عيادات الخصوبة، إذ يجب إدراجها في هذه القضية. ونتيجة لذلك.. على مدى العقد الماضي، دفع الآلاف من الممارسين للسياحة العلاجية ملايين الدولارات؛ لتَلَقِّي تدخلات خلايا جذعية غير مثبتة، وغير خاضعة لقوانين دولية منظمة[3,4].

ولمعالجة هذه المسألة، سيكون من المفيد وجود إطار عمل تنظيمي نموذجي محدد بما يكفي، بحيث يكون مفيدًا عمليًّا، وعامًّا بما يكفي، بحيث يمكن اعتماده بسرعة من قِبَل الهيئات التنظيمية الخاصة بكل بلد. وهناك سوابق لمثل هذا التوجه؛ ونعني الوثيقة الصادرة عن الجمعية الدولية لأبحاث الخلايا الجذعية التي ترشد وتوجه الإشراف على أبحاث الخلايا الجذعية دوليًّا، ولكن المبادئ التوجيهية لا يمكنها ـ في حد ذاتها ـ منع العيادات من تقديم علاجات غير مثبتة، فهذا من اختصاص السلطات المحلية. وعلى الرغم من أن قانون الخصوبة والأجنة البشرية، والهيئة التنظيمية التي تُدعى هيئة الخصوبة والأجنة البشرية (HFEA)، قد وضعا حدودًا تتعلق باستخدام الأجنة والأمشاج في البحوث والعيادات في المملكة المتحدة، إلا أنه لا بد من وضع حدود واضحة تشير إلى متى يمكن السماح بإجراء البحوث والممارسات الإكلينيكية، مع فرض عقوبات على أولئك الذين يتخطون تلك الحدود. كما يجب توعية الجمهور بما هو قانوني، وما هو غير كذلك، وهذا بدوره يتطلب تواصلًا قويًّا من قِبَل السلطات، وكذلك من قِبَل العلماء والأطباء.

«لم نتمكن من الاتفاق حتى على مزايا ومساوئ وَضْع قائمة الاستخدامات الإكلينيكية المحتمَلة».

ضع خريطة طريق للبحوث الأساسية. على الرغم من أن كثيرًا من التركيز في المناقشات العامة كان مُنْصَبًّا على التطبيقات الإكلينيكية المحتملة، إلا أن الاستخدامات الفورية الأكثر إثارة لتحرير الجينوم البشري تكمن في البحوث الأساسية. وبالتالي، يتعين على الهيئات الاستشارية والتنظيمية تحديد الأولويات لبحوث تحرير الجينوم التي تعمل على الخلايا البشرية، والتي تتضمن خط الخلايا الجنسية. وهذا يجب أن يشمل استفتاء مجموعة متنوعة من العلماء من مختلف أنحاء العالم ممن لديهم خبرة في: تقنيات تحرير الجينوم؛ والجينوميات والتنوعات الجينية البشرية؛ وأنماط الطفرات؛ ومعدل حدوثها وتأثيراتها على السمات الجسدية وسواها؛ والتعبير والتنظيم الجيني؛ وعلم الوراثة غير الجينية؛ وعلم الأجنة البشرية والتكاثر الحيوي؛ وعلم الوراثة الإكلينيكية. وهناك قضيّتان محددتان، ستكون معالجتهما حاسمة، وكلتاهما في سياق البحوث الأساسية، وخاصة فيما يتعلق بتطوير أي تطبيقات إنجابية بشرية.

أولًا: «الأحداث الواقعة خارج الهدف». سوف تكون هناك حاجة إلى الوسائل الحاسوبية والمختبرية؛ لتقييم احتمال إدخال تغييرات خارج الموقع المستهدَف، وعواقبها المحتملة. كما ستكون هناك حاجة إلى تلك الوسائل؛ للتمييز بين هذه الطفرات والأخرى التي تنتج بشكل طبيعي ـ على سبيل المثال ـ من الإصلاح غير الكامل للحمض النووي بعد انقسام الخلايا، أو المؤثرات البيئية (المواد الكيميائية، والإشعاع المؤين، وما شابه).

وعند تطبيق تحرير الجينوم على الخلايا التي تنمو في المزارع بشكل جيد، مثل الخلايا الجذعية المكوِّنة للنطاف (المولِّدة للحيوانات المنوية)، يمكن لخلية محرَّرة واحدة أن تولد ملايين الخلايا الأخرى. وعن طريق وضع التسلسل الجينومي لمجموعة فرعية من هذه الخلايا، يمكن للباحثين الحصول على مؤشر جيد للأحداث الواقعة خارج الهدف. وتُعتبر معايرات كهذه أقل اعتمادًا عليها عند توفر خلية واحدة، أو عدد قليل من الخلايا، كما يحدث في حال الخلايا الحية المأخوذة من الأجنة في مراحلها المبكرة لفحصها. وفي هذه الحالة، يتمثل أحد الخيارات في إنشاء خطوط الخلايا المحفزة متعددة القدرات، انطلاقًا من هذه الخلايا. ويتمثل التحدي الأساسي في التفريق بين الأحداث الواقعة خارج الهدف، وبين التغير الجوهري الطبيعي في التسلسل الحادث بين الأفراد والخطوط الخلوية.

تشير التجارب الحديثة[5] التي أُجريت على الفئران وعلى خطوط الخلايا البشرية، إلى أن معدل الأحداث الواقعة خارج الهدف غير ذات أهمية، بالمقارنة بعدد من الطفرات العفوية التي تحدث في كل جيل[6]. ومع ذلك.. فإن عدد الطفرات قد يكون أقل أهمية من موقع حدوثها. فخلافًا للطفرات العفوية التي تحدث عشوائيًّا في الأساس، مِن المرجَّح أن الأحداث الواقعة خارج الهدف تتأثر بجزيء الحمض النووي الريبي، الذي يُستخدم في توجيه عنصر القطع التكنولوجي (إنزيم نوكلياز) إلى المكان الصحيح في الجينوم. كما تجدر الإشارة أيضًا إلى أن معظم أبحاث تحرير الجينوم التي أُجريت حتى الآن قد أُجريت على مجموعات متجانسة وراثيًّا، مثل سلالات الفئران داخلية الاستيلاد. ولا يُعرَف سوى القليل عن أثر اختلاف الخلفية الوراثية على كفاءة ودقة تحرير الجينوم، أو على قدرة الباحثين على تمييز الأحداث الواقعة خارج الهدف، بناء على تباين الخلفية الوراثية.

ثانيًا: «الفسيفساء الجينية». عند تطبيق أدوات تحرير الجينوم على الأجنة متعددة الخلايا، قد تتغير بعض الخلايا فحسب، مما يؤدى إلى فسيفساء جينية من الخلايا المحرَّرة، وغير المحرَّرة. وحتى عند تطبيقها على جنين وحيد الخلية، فقد لا يقطع إنزيم نوكلياز نسختَيْ هذا الجين المستهدَف، أو أن الخلية قد تبدأ في الانقسام قبل إتمام التغيرات. وسيكون من المهم معرفة نسبة الفسيفساء الجينية المرجحة لمختلف تطبيقات تحرير الجينوم، وكيف يمكن قياسها، وما هي التأثيرات المحتملة للفسيفساء الجينية.

قد لا تكون الفسيفساء الجينية مهمة في بعض الأغراض البحثية، مثل تتبُّع مصير الخلية. (طالما كانت هناك خلايا في العينة الأصلية تحمل الجين الواسم ـ وليكن مثلًا الجين المُرمِّز للبروتين المتألق بالأخضر ـ فسيتمكن الباحثون من تحديد ما الذي ستتطور إليه هذه الخلايا). وبالنسبة إلى آخرين، قد تكون الفسيفساء الجينية أكثر إشكالية. فمثلًا، إذا كان الهدف هو تحديد دور الجين الذي يُفرز الناتج منه، وإجمالي الكمية المُفرزة التي تؤثر كميتها على عمل الجين بشكل أساسي، عندها يكون وجود نسبة من الخلايا غير المحرَّرة مؤثِّرًا بشدة على النتائج.

أَشْرِكْ الناس من جميع قطاعات المجتمع في نقاش حول تحرير الجينوم، بما في ذلك استخدام الأجنة البشرية في هذه الأبحاث. وعلى الرغم من استخدام الأجنة البشرية وخلايا الحيوانات المنوية والبويضات في مجموعة واسعة من البحوث على نطاق دولي، ومن ضمنها ما يندرج في سياق الإخصاب المختبري (IVF)، وأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية، إلا أن البعض قد اقترح أن استخداماتها في إطار بحوث تحرير الجينوم ينبغي النظر إليه بشكل مستقل. والأهم من ذلك.. أنه من غير المرجح أن تكون الأجنة المتبقية من عمليات الإخصاب المختبري نموذجًا جيدًا عند محاولة تفادي الفسيفساء الجينية، وذلك لأنها تضم أكثر من خلية واحدة؛ فهي لا تصبح متاحة للبحث عادة قبل أن تكون قد تطورت إلى مرحلة الخلايا الثماني، أو تجاوَزَتْها. وهناك أيضًا تأثير المنشأ، حيث يمكن لتشكُّل معظم الجنين من خلية واحدة، أو من عدد قليل من الخلايا المبكرة، أن يسبب تعقيدًا في التوقعات حول النتائج الوظيفية للفسيفساء الجينية. وقد يكون للتنافس الخلوي تأثيرات مماثلة كذلك. ومن الممكن أن تشير التحليلات المبكرة، إلى أنه ـ على سبيل المثال ـ حتى لو تم التلاعب بنسبة 80% من خلايا ◄

فوائد أساسية

يمكن لاستخدام تحرير الجينوم في الحيوانات المنوية، والبويضات، والأجنة البشرية أنْ يسفر عن رؤى قيِّمة في العديد من مجالات البحث.

البحث	التطبيقات المحتملة
كيف يتم تحديد الأنواع الخلوية في المراحل المبكرة من الجنين البشري، وطبيعة وأهمية الجينات المشاركة.	تقنيات محسَّنة لزراعة الأجنة بعد الإخصاب المختبري، ومعدلات زرْع أفضل، وحالات إجهاض أقل.
فهْم خطوط الخلايا الجذعية حيويًّا ووراثيًّا، التي تمثل الخطوط الخلوية التي يُعتقد أنها توجد في المراحل المبكرة من الجنين البشري، وتتضمن الخلايا غير الجنينية، مثل تلك التي تستمر لتشكل المشيمة.	قدرة محسَّنة لتشكيل خطوط الخلايا الجذعية من أجل الأبحاث، وكذلك الوقاية من حالات الإجهاض، ومراقبة الأدوية؛ من أجل ضمان فعاليتها. وكذلك الحدّ من الحاجة إلى الأجنة في الأبحاث.
دور جينات معينة في تطور الخلية الجنسية، ومنه تمايز الحيوانات المنوية، والبويضات.	تحسين الإخصاب، وتطوير مانعات حمل جديدة.
تقنيات تحرير الجينوم	تحسين كفاءة وتعددية استعمال تحرير الجينوم في المراحل المبكرة من الأجنة، وفي خطوط الخلايا الجنسية. والحدّ من أعداد الأجنة المطلوبة في التجارب.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الجنين، فقد تكون نسبة ما يحتويه الجنين الناتج أقل بكثير من الخلايا المحررة، إذا كانت الخلايا المحررة تختلف ـ ولو بشكل طفيف جدًّا ـ في معدل انقسامها أو بقائها على قيد الحياة عن الخلايا غير المحرَّرة[7].

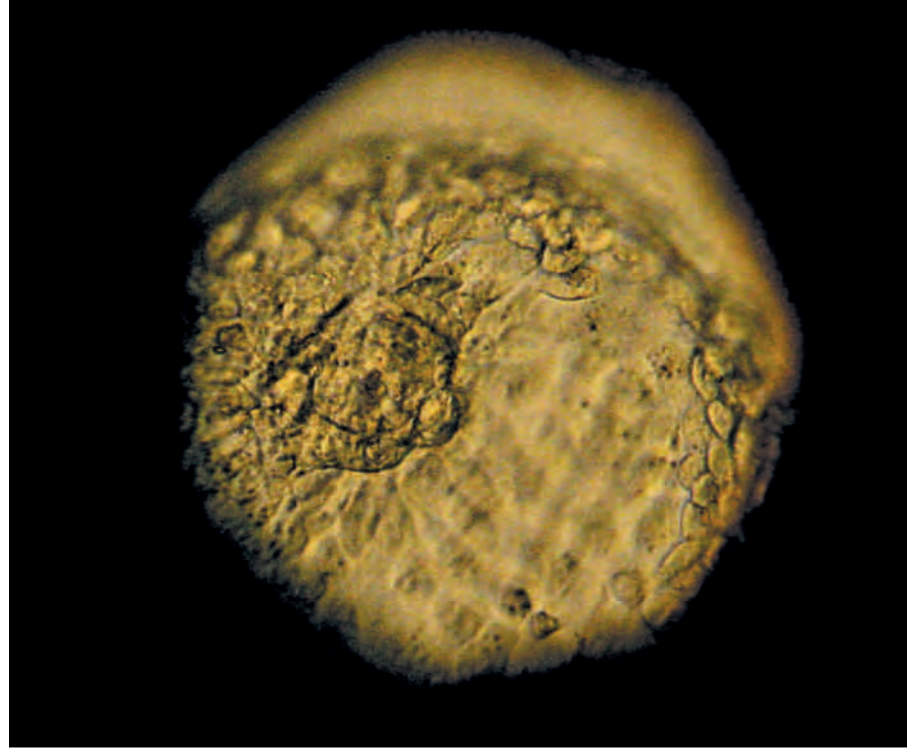
قد يتطلب التقليل أو الحدّ من تأثير الفسيفساء الجينية إدخال مكونات تحرير الجينوم ـ مثل إنزيم نوكلياز والحمض النووي الريبي الدليل ـ مباشرة بعد الإخصاب، أو حتى في لحظة حدوث الإخصاب[8]. فإذا كان هذا هو الحال، فقد ينتهي الأمر بتقييد العمل الذي ينطوي على تحرير الخط الخلوي البشري، بحيث يقتصر على تلك المجالات التي تتيح تخليق أجنة مخصصة للبحوث. وبموجب القوانين الحالية، سيجعل هذا الأمر إجراء الدراسات مقتصرًا على ثمانية بلدان فحسب، وهي: بلجيكا؛ والصين؛ وإسرائيل؛ واليابان؛ وسنغافورة؛ وكوريا الجنوبية؛ والمملكة المتحدة؛ والولايات المتحدة (آر إيساسي، اتصال شخصي). وفي الولايات المتحدة، لن يكون مثل هذا العمل ممكنًا، إلا باستخدام أموال غير حكومية.

وإذا اتضح أن هناك فوائد عظيمة ستترتب على البحوث الأساسية لتحرير الجينوم البشري ـ ومن ضمنها التطبيقات التي لا تنطوي في حد ذاتها على تحرير الجينوم، مثل طرق تحسين الخصوبة، أو الحد من حالات الإجهاض ـ عندئذ يمكن للقوانين الوطنية أن تهدد حصول الناس على فوائد كهذه.

صمم أدوات وأساليب لتمكين إجراء مشاورات شاملة وذات مغزى. تشغل جماعات معينة ـ مثل مجلس نوفيلد البريطاني للأخلاقيات الحيوية، والأكاديميات الوطنية في الولايات المتحدة، وأماكن أخرى ـ مواقع جيدة لأخذ زمام المبادرة في الجهود الرامية لضمان أن المناقشات بشأن استخدام الأجنة البشرية في البحوث الأساسية ستكون شاملة جغرافيًّا وديموغرافيًّا، وأن هذه المناقشات ستشكل قاعدة معلومات للقرارات السياسية. وهذا الأمر أساسي أيضًا فيما يتعلق بالسؤال الأصعب عن ماهية التطبيقات الإكلينيكية التي قد تكون مناسبة، بالنظر إلى كفاية الضمانات المتعلقة بالسلامة والكفاءة.

وحتى بالنسبة إلى أعضاء مجموعة هنكستون ـ وهم الأفراد جيدو الاطلاع، الذين يُجْمِعون على أن البحوث الأساسية التي تنطوي على تحرير الجينوم، بما فيها تلك التي تُجرَى على الحيوانات المنوية والبويضات والأجنة البشرية، تتمتع بقيمة هائلة ـ كانت النقاشات حول التطبيقات الإنجابية الممكنة حامية. وفي الواقع، وجدنا أنه من المستحيل الاتفاق على استخدامات محتملة يمكن الدفاع عنها لتحرير الخط الخلوي البشري، دون توفُّر سياق وحقائق استعمال حالة معينة. وقد وَضعت المجموعة في اعتبارها مجموعة من التدخلات، بدءًا من تصحيح الطفرات المهدِّدة للحياة (على سبيل المثال.. تلك المسبِّبة لمرض تاي- ساكس، والتليف الكيسي، ومرض هنتنجتون)، مرورًا بإدخال تغييرات وقائية (تشمل تعطيل جين *CCR5* لمنح المقاومة ضد الإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية)، وصولًا إلى التحسينات غير الطبية (مثل زيادة كتلة العضلات). وفي نهاية المطاف، لم نتمكن من الاتفاق، حتى على مزايا ومساوئ وضع قائمة الاستخدامات الإكلينيكية المحتملة، حيث كان البعض يشعر بالقلق من أن وضع قائمة كهذه قد يُؤخذ على أنه موافقة تكتيكية.

على مدى عقود، كان الناس يتجادلون حول إيجابيات وسلبيات تعديلات[9] الخلايا الجنسية البشرية، وكيفية



SANDY HUFFAKER/GETTY

الأجنة المُتبرع بها لصالح عيادة «لا جولا» للإخصاب المختبري أصبحت متاحة لأبحاث الخلايا الجذعية في الولايات المتحدة.

التمييز بين العلاجات الطبية والتحسين، وماهية حقوق الآباء والأمهات على حياة الأطفال، وما إلى ذلك. مع ذلك.. فمن الصعب إيجاد نماذج جيدة لكيفية تمكين وجهات نظر متنوعة من تشكيل أخلاقيات المجالات المتنازَع عليها للعلوم والتكنولوجيا الناشئة.

عندما نشرت المعاهد الوطنية الأمريكية للصحة (NIH) مسوّدة المبادئ التوجيهية لأبحاث الخلايا الجذعية الجنينية في عام 2009، أرسل حوالي 50 ألف شخص تعليقاتهم. والعديد ممن تقدموا بآرائهم كانوا من غير العلماء، ومن بينهم حوالي 16 ألف من مُعَارِضِي البحوث على أسس أخلاقية. وعندما رأوا أن تعليقاتهم فشلت في تشكيل المبادئ التوجيهية النهائية، تَوَجَّه معارضو أبحاث الخلايا الجذعية إلى المَحاكم، لتتبع ذلك أربع سنوات من التقاضي وعدم اليقين في هذا المجال.

في الآونة الأخيرة، طبَّقت هيئة الخصوبة والأجنة البشرية برنامج لقاءات عامة، تَضَمَّن ورشات عمل، ومجموعات تركيز، ودراسات استقصائية على الإنترنت، لدراسة وتقييم الآراء المتنوعة حول عدد من القضايا ذات الصلة باستخدام علاج باستبدال الميتوكوندريا في العيادة (MRT). و(خلال العلاج باستبدال الميتوكوندريا ـ الذي وافقت عليه الحكومة البريطانية في فبراير ـ يتم التخلص من الحمض النووي المعيب في البويضة أو الجنين، ويُستخدم الحمض النووي من امرأة ليس بها مرض في الميتوكوندريا). وقد حقق هذا البرنامج أهدافه إلى حد كبير، وهو أحد أفضل الأمثلة لدينا على مثل هذا الجهد (انظر: go.nature.com/64cioj). وبالنسبة إلى البعض، يرسم هذان المثالان عدة نجاحات في اشتراك الجمهور في القضايا، ولكننا لا نملك بديهيات مسبقة لتحديد ما يعنيه النجاح.

هناك حاجة إلى دراسة منهجية لنماذج مختلفة من اشتراك الجمهور، بغرض التعرف ـ على سبيل المثال ـ على أفضل الطرق للتحقق من المواقف المجتمعية الواسعة، وليس المواقف المؤيدة فحسب. وكذلك الأمر بالنسبة إلى الاستقصاءات التي تستشعر كيف يمكن للنقاشات العامة أن تشكل السياسة.

إنّ التقدم في تقنيات تحرير الجينوم يعني أن الأمور الأخلاقية طويلة الأمد لا يمكن تفاديها باستخدام مخاوف السلامة الواضحة والمتفق عليها. وعلى الرغم من أن استمرار النقاش أمر أساسي، فقد حان الوقت لاتخاذ القرارات بشكل جماعي حول نوع العالَم الذي نريد أن نعيش فيه، ولوضع سياسات تعكس هذه الرؤية. ■

ديبرا ماثيوز مساعدة مدير البرامج العلمية في معهد جونز هوبكنز بيرمان للأخلاقيات الحيوية، بالتيمور، ميريلاند، الولايات المتحدة الأمريكية، والأستاذ المساعد في قسم أمراض الأطفال في كلية طب جامعة جونز هوبكنز. **روبن لوفل بادج** قائد مجموعة في مختبر الخلايا الجذعية الحيوية وعلم الوراثة التطورية، معهد فرانسيس كريك، لندن، المملكة المتحدة. بقية أعضاء المجلس التوجيهي لمجموعة هنكستون هم: **سارة تشان**، و**بيتر دونوفان**، و**توماس دوجلاس**، و**كريستوفر جاينجل**، و**جون هاريس**، و**آلان ريجنبرج**.
البريد الإلكتروني: dmathews@jhu.edu

1. Zetsche, B. *et al. Cell* **163,** 759–771 (2015).
2. Liang, P. *et al. Protein Cell* **6,** 363–372 (2015).
3. Regenberg, A. C., Hutchinson, L. A., Schanker, B. & Mathews, D. J. H. *Stem Cells* **27,** 2312–2319 (2009).
4. Einsiedel, E. F. & Adamson, H. *Dev. World Bioeth.* **12,** 35–44 (2012).
5. Tan, E. P., Li, Y., Velasco-Herrera Mdel, C., Yusa, K. & Bradley, A. *Genesis* **53,** 225–236 (2015).
6. Shendure, J. & Akey, J. M. *Science* **349,** 1478–1483 (2015).
7. Sancho, M. & Rodríguez, T. A. *Cell Cycle* **13,** 9–10 (2014).
8. Suzuki, T., Asami, M. & Perry, A. C. F. *Sci. Rep.* **4,** 7621 (2014).
9. US President's Commission for the Study of Ethical Problems in Medicine and Biomedical and Behavioral Research. *Splicing Life: The Social and Ethical Issues of Genetic Engineering with Human Beings* (US Government Printing Office, 1982).

يصرح الباحثون عن مصالح مالية منافسة. وللاطلاع على تفاصيل ارتباطات الباحثين المالية، انظر: go.nature.com/bhrwgt .

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم نفس

النَّفْس الجريحة

يستعرض **أنتوني كِنْج** معرَضًا يتناول ما تُسَبِّبه الصدمة من رعب وأمل.

بعد أقل من شهر من الهجمات الإرهابية التي شهدتها باريس، أُقيم عرض «الصدمة» Trauma الأخير في معرض العلوم بدبلن، حيث جاء في وقته تمامًا. وفي هذا العرض مجموعة من المواد والأفكار، مكونة من عدة عناصر، بدءًا بصور اضطرابات أيرلندا الشمالية، التي يتعذر نسيانها، مرورًا بأداة في حجم الغرفة، صَنَعها بمهارة مُلَحِّن يعاني من طنين أذني (انظر: J. Hoffman *Nature* **505**, 159; 2014)، إضافة إلى مخططات فوتوغرافية لنماذج نباتات مأخوذة من تشيرنوبل. وكل هذه المجموعة تميط اللثام عن الدور العجيب الذي تلعبه الصدمة في الصمود العاطفي، فضلًا عما تكشفه من أشياء أخرى.

مصطلح «الصدمة» Trauma الإنجليزي مشتق من كلمة يونانية، تعني «الجرح»، وهي أزمة شخصية عميقة، إذ يقع المصاب أسيرًا للتجربة النفسية، أو البدنية. ويتجلى هذا الانعزال في مجموعة كاثرين دوسون، المسماة «ذكرى تَشَوُّه في المخ» *Memory of a Brain Malformation*، وهي بمثابة حفر دقيق بالليزر لشكل ورم في المخ على الزجاج، حيث تقوم دوسون ـ التي طالما عملت مع العلماء والأطباء ـ بتصوير الورم، ككيان مستقل داخل شبكة من الشرايين المتموجة. وقد أُزيل الورم الحقيقي بنجاح من مخ أحد أولاد عمومتها، عن طريق العلاج بالليزر. وتَستدعِي من خلال هذا العمل الصدمة العاطفية للتشخيص، والطاقة التي تولدت عن النتيجة الإيجابية.

لا تقل الصدمة الخارجية للرأس ضررًا، فما برحت المشكلات العصبية التي تسبِّبها في مجال الرياضة موضوعًا لكثير من الأبحاث، حيث يقوم التشكيل المسمى «الارتطام» *Impact* بفحص تصميمات خوذات لرياضات معينة، مثل كرة القدم الأمريكية، ولعبة الهوكي الأيرلندية، بعدما أثارته هذه الدراسات. فعلى سبيل المثال.. يقوم كياران سيمز ـ وهو مهندس ميكانيكي في ترينيتي كولدج، دبلن ـ بدراسة استجابة الجسم حيال الاصطدامات القوية في لعبة الرَّجْبي. ويستعين ستيفن دوما ـ في معهد فيرجينيا بوليتكنيك، وستيت يونيفيرستي في بلاكسبرج ـ بأجهزة استشعار فورية داخل المعمل وخارجه؛ لتقييم تصميم الخوذات التجارية.

كما كَشَفَ المعرض ـ في الطابق الأرضي منه ـ عن جانب قاتم للصدمة في عرض «استجواب المحتجَز رقم 063» *The Interrogation of Detainee 063*، وهو بمثابة مخططات معلومات بيانية، تَعرِض بالتفصيل 50 يومًا عصيبًا من استجواب محمد القحطاني في معتقل خليج جوانتانامو الأمريكي في كوبا. ويشدِّد العرضُ على فرط المعاناة الناتجة عن التعذيب. كما يبين الترميز اللوني زمن الاستجواب، والموسيقى الصاخبة، والمعاملة غير الإنسانية والمذلّة، مثل إجباره على ارتداء قلنسوة كاتمة للصوت، تغطي الرأس، أو وضع إشارات مهينة عليه، أو إجباره على كتابة خطابات اعتذار لضحايا الهجمات الإرهابية في 11 سبتمبر 2001.

أما في الطابق العلوي، فيبحث العرض المسمى «جسم مجهَد، وعقل مجهَد» *Stressed Body, Stressed Brain* في استجابة فسيولوجية واحدة أساسية إزاء أسلوب التعذيب المعروف بقسوته، وهو الإغراق في الماء إلى حدّ الاختناق.

> **عرض «الصدمة.. وُجِدت لتُهْدَم»**
> معرض العلوم في دبلن
> مستمر حتى 21 فبراير 2016

وتحدث هذه الاستجابة المتعلقة بالإغراق حين يتم غمر الوجه في الماء البارد. ويدعو المعرض الحاضرين للاستلقاء، ووضع قطعة مبللة من القماش على وَجْنَاتهم؛ لمعرفة كيف يؤثر ذلك على قدرة استدعاء الذاكرة، ويبطئ معدَّل ضربات القلب إلى ما يصل إلى الربع. يقوم على هذا المعرض العالمة الفسيولوجية إيين كيلي، وعالِم الأعصاب شين أومارا، مؤلِّف كتاب «لِمَ لا يُجْدِي التعذيبُ نفعًا؟» *Why Torture Doesn't Work* (Harvard University Press, 2015; see L. T. Harris *Nature* **527**, 35–36; 2015).

وقد أوضح أومارا في مواضع أخرى كيف يؤدي التوتر والصدمة إلى توليد ذكريات زائفة. ويقوم عرض «غَسْل الذاكرة» *Memory Laundering* ـ وهو بمثابة خزانة كبيرة تضم عشرات صناديق الحفظ ـ بالتركيز على هذه التبادلية المتعلقة بالذكريات الزائفة. فهذا العرض الذي ابتكره مصمِّمو «ديزاينجوت» Designgoat مستوحًى من عمل عالِم الأعصاب سوسومو تونيجاوا، وفريق «مركز رايكن ميت» RIKEN-MIT لعلم جينات الدوائر العصبية بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج، الذين تعاونوا مع المعرض. ويُطلب منك كتابة ذِكْرَى سعيدة، وأخرى حزينة، ثم تضعهما في أحد الصناديق، وحين تعود لاستعادتهما، يكون وسيط من المعرض ـ مختبئ خلف الخزانة ـ قد عَدَّل تفاصيلهما.

من بين هذه المعارض.. ثمة معرض تصويري ينبض بالحياة، يضم مجموعة صور من إحدى غرف العمليات الجراحية في إقليم هلمند بأفغانستان، يُسمى معرض *Sightlines I/Supernumerary*، صممه فنان تصميم الفراغات ديفيد كوتيريل، وهو بمثابة تسجيل للفترة التي قضاها كمصوِّر مرافق للفريق الطبي للقوات المشتركة البريطانية، حيث إنه في أثناء هذه الفترة، تَمَكَّن من إنتاج لقطات متتابعة من الصور من مقطعين، ومن ثلاثة مقاطع، بحيث تَصِف الجانب الفطري العاطفي لطب الطوارئ، الذي يساعد على احتواء الصدمة، أو السيطرة عليها. وتُذَكِّرنا الصور بأسلوب التظليل الدرامي؛ لتمييز الجَليّ مِن القاتم، الذي استخدمه رسامون مِن قبيل كارافاجيو. ورغم أن أسلوب التظليل الدرامي يبعث على الرعب، إلا أنه يوحي بالجمال السامي في الوقت ذاته. ويقف إلى جانب الصورة الدموية المكوَّنة من مجموعة قصاصات صور جهازٌ للتحكم في النزيف *XSTAT 30 Hemorrhage Control Device*، وهو بمثابة مِحقن مبتكر، يشتمل على 92 إسفنجة صغيرة الحجم للغاية من السليلوز، مصمَّمة لإيقاف النزيف الحاد.



«ذكرى تشوُّه عقلي»، حَفَرَتها كاثرين دوسون بالليزر؛ لتسجل على الزجاج شكل ورم في مخ أحد أبناء عمومتها.

يقول عالِم الأعصاب دانيال جلاسر، وهو أحد القائمين على المعرض: «الصدمة هي تجرُّع قمة المهانة»، والأمر غير متعلق بلحظة الصدمة نفسها، بل بما تُخَلِّفه من عواقب. وأضاف قائلًا إن هذه حقيقة تتبدَّى جليًّا في الضحايا، من سوريا إلى فرنسا. وقد نالت دبلن نصيبًا من الصدمة، إذ يشهد العام القادم الذكرى المئوية لانتفاضة عيد الفصح، التي أَعلن فيها الجمهوريون استقلالهم عن بريطانيا. وسيُطبع في ستة مواقع من المدينة رمز ضمادة الجروح على خريطة متوفرة في المعرض، كجزء من معرض الفنانة سارة براكن «الضمادة» *Bandage*، للدلالة على الندبات الكامنة التي خَلَّفتها المعارك الضارية في الشوارع، والاعتقالات، وأحكام الإعدام التي نَفَّذها الجيش البريطاني في خضم الانتفاضة.

> **«الصدمة هي شيء يمكن الاستفادة منه في الحياة، فهي تُعِين على الصمود أمام الأزمات».**

إنّ هذا المعرض يتناول في الأساس فكرة استرداد العافية، فبعد استئصال الورم، وحَقْن الدماء، تمضي الحياة. ومن الجروح النفسية إلى الأضرار النفسية ـ التي كانت تُعَدّ في الماضي جوانب لا مَهْرَب منها خلال الحياة التي يعيشها الإنسان ـ يُرسِل معرض «الصدمة» رسالة إيجابية إلى أقصى حدّ. ويفسِّر أومارا سبب ذلك، فقد كَتَبَ أن نسبة 30% إلى 70% من الأشخاص الذين تعرَّضوا للصدمة يحدث لهم نموٌّ ما بعد الصدمة، حيث تفتح لهم معاناتهم «آفاقًا جديدة لم تُتح لهم من قبل». ويضيف قائلًا إن «الصدمة هي شيء يمكن الاستفادة منه في الحياة، فهي تُعِين على الصمود أمام الأزمات، وتُعَلِّمنا جميعًا دروسًا». ■

أنتوني كِنْج كاتب، يعيش في دبلن.
البريد الإلكتروني: anthonyjking@gmail.com

SCIENCE GALLERY AT TRINITY COLLEGE DUBLIN

الاستدامة

إطلاق مركبة الأرض الفضائية

يبحر آدم روم في خمسة كتب من الأعمال الكلاسيكية، التي طرحت مسألة الاستدامة لأول مرة، باعتبارها قضية عامة في ستينات وسبعينات القرن العشرين.

أوّل صورة أيقونية للأرض من الفضاء أشعلت جذوة الوعي بالحدود بين الكواكب.

NASA

في عام 1969، وفي مقال بحجم كتاب، بعنوان: «دليل التشغيل لسفينة الفضاء الأرضية» *Operating Manual for Spaceship Earth*، قَدَّم المخترع موسوعيّ الثقافة بكمنستر فولر استعارة لافتة حول مثال جديد للإدارة الكوكبية. وكانت لمركبتنا الفضائية خصائص سلامة مدمجة؛ حافظت على استمرارنا. ومع ذلك.. كانت أفدح أخطائنا تلاحقنا.. فلطالما «أسأنا استخدام الكوكب، ولوَّثناه، وأخطأنا في حقه»، حسب تعبير فولر، إلى حد أنه صار لزامًا علينا أن نعيد تسميته «Poluto»، دلالة على فرط التلوث، وهنا يتبيّن تفريط البشرية. أمّا إذا اكتشفنا كيف عملت سفينتنا الفضائية، وتعلّمنا أن نقدم أفضل ما لدينا بالاستخدام الأمثل لقدرتنا المذهلة، فربما نصبح بعد ذلك «ناجحين على نحو شامل ومستدام».

وككل ما كتب فولر.. كان مقال «دليل التشغيل لسفينة الفضاء الأرضية» متفردًا، ويخلب الألباب، ويذهلها على الفور، بيد أن غالبية الأفكار المطروحة فيه كانت تذهب مع الريح في هذه الأثناء. فتقريبًا بين عامي 1965 و1975، أَلْهَمَ تحدي الحضارة المستدامة قدرًا كبيرًا من الكتب المؤثرة. فقد كان طرح الفكرة جديدًا وقتها، كما تمتعوا بوجود الإلحاح على الفكرة، والتوسع في مناقشتها، وهي أمور يصعب الحصول عليها اليوم عند معالجة أي قضية، برغم أنها أمور مناسبة جدًّا للأجواء الحالية. وبما أن مفهوم الاستدامة أصبح باهتًا في الوقت الحالي، من جرّاء الإفراط في استخدام الكلمة، تحوَّلت أنظارنا إلى الجائزة نفسها.

تُبْنَى تلك الدراسات الثرية على مخاوف سابقة.. فالكتابان التاليان: «كوكبنا المنهوب» *Our Plundered Planet* (Little, Brown) للكاتب فيرفيلد أوزبورن، وكتاب «الطريق إلى البقاء» *Road to Survival* (W.Sloane Associates) للكاتب ويليام فوجت، وكلاهما منشور في عام 1948، قد حَذَّرَا من أن النمو السكاني المتزايد بدون ضوابط، ونضوب الموارد، يمكن أن يؤديا إلى كارثة. وكان الموقف أكثر خطورة مع حلول عام 1970، حيث تم الاحتفال بيوم الأرض الأول في كل أنحاء الولايات المتحدة. فقد تفجر الأثر البشري على الأرض في أعقاب الحرب العالمية الثانية، وأدَّى التقدم العلمي إلى فَهْم أكبر للخطر الناجم عن تلك الآثار. فللمرة الأولى يدرك العديد من الناس أننا لدينا القدرة على إحداث اضطراب في نظم دعم الحياة على كوكب الأرض، بل وحتى تدميرها. وتفاقم الشعور بالأزمة البيئية بفعل الاضطراب السياسي والاجتماعي الذي شهدته هذه الفترة.

إذَن، ما الذي كان يلزم البشرية للاستمرار في الازدهار؟ تَطَلَّب تناوُل هذا السؤال الكبير جسارة فكرية، وكان جميع مؤلفي الكتب الرائدة التي تناولت موضوع الاستدامة من ذوي الرؤية الواسعة والتخصصات المتداخلة. وكان الاقتصادي كينيث بولدينج مؤلف كتاب «معنى القرن العشرين» *The Meaning of the Twentieth Century*، المنشور في عام 1964، يفكر من منظور تاريخي وفلسفي. وشَعُر عالِم الأحياء باري كومونر أنه ملزم بدراسة الاقتصاد السياسي، كما يبدو من كتابه المنشور في عام 1971 «الدائرة المنغلقة» *The Closing Circle*. وكان فولر يَعتبر نفسه مستشرفًا للمستقبَل. كما قام مؤلفو كتاب «حدود النمو» *The Limits to Growth*، المنشور في عام 1972، دونيلا ميدوس، ودينيس ميدوس، وجورجين راندرس، وويليام بيهرينس، بربط العلوم البيئية مع تحليل النظم. وكانت باربرا وارد صحفية واقتصادية ومستشارة لقيادين دوليين، أسهموا مع عالِم الأحياء المجهرية رينيه دوبوس ـ الفائز بجائزة بوليتزر ـ في تأليف كتاب «أرض واحدة فحسب» *Only One Earth*، المنشور في عام 1972.

لم يعد كتاب «معنى القرن العشرين» مشهورًا، بيد أن بولدينج كان حجر أساس في تشكيل قضية الاستدامة. وقد أوضح أن العالَم الذي كان يطمح إلى الحفاظ عليه لم يوجد.. فقد كانت البشرية في أوج «انتقال عظيم» من الزراعة إلى الصناعة. ومن وجهة نظر بولدينج، كان هذا الانتقال محفوفًا بالخطر، ومموجعًا بلا ريب. وربما تحرِّف الحرب النووية، أو النمو السكاني، من مسار هذا الانتقال. وربما يفشل هذا الانتقال، لو أسأنا استخدام الموارد الطبيعية، وخصوصًا الوقود الأحفوري. ولكي ننجح.. كان علينا أن نخلق «تقنية ثابتة، ذات دائرة مغلقة، على مستوى عال من التكنولوجيا» لا تسبب التلوث، ولا تتطلب مواد غير متجددة. وقد أسهب بولدينج في ذلك في مقال أُعيد طبعه عدة مرات في عام 1966، بعنوان: «اقتصاديات سفينة الأرض الفضائية القادمة» The economics of the coming spaceship Earth، بيد أن تطوير تقنية جديدة لم يكن أمرًا محوريًّا في تصور بولدينج. وكان رأيه أن المستقبل المستدام سيتطلب «ابتكارات اجتماعية»، لا حصر لها، بدءًا من تطوير علوم الجمال، وصولًا إلى طرق أفضل لحل النزاعات. وقد انتهى إلى أن «المهام غير المنجَزة التي تخص

معنى القرن العشرين.. الانتقال العظيم
كينيث بولدينج
Harper and Row: 1964

دليل التشغيل لسفينة الفضاء الأرضية
بكمنستر فولر
Southern Illinois University Press: 1969

الدائرة المنغلقة.. الطبيعة، والإنسان، والتكنولوجيا
باري كومونر
Knopf: 1971

حدود النمو.. تقرير لرابطة مشروع روما حول ورطة البشرية
دونيلا ميدوس، ودينيس ميدوس، وجورجين راندرس، وويليام بيهرينس.
Universe: 1972

أرض واحدة فحسب.. رعاية كوكب صغير، وصيانته
باربرا وارد، ورينيه دوبوس
W. W. Norton: 1972

HANS NAMUTH/SPL



YUTAKA NAGATA/UN PHOTO

المخترع بكمنستر فولر (الصورة العلوية) قدَّم مقاربة للاستدامة، باعتبارها تحديًا تصميميًّا؛ بينما الاقتصادية باربرا وارد (الصورة السفلية) حَثَّت الأمم المتحدة على دمج القضايا الاجتماعية والبيئية معًا.

◄ الانتقال العظيم متعددة للغاية، إلى حد يصعب معه ألّا يجد المرء دورًا يلعبه لإتمام العملية». ومن المؤكَّد أن التعامل مع التغير المناخي يتطلب مجموعة من المهارات.

كان فولر رائدًا في تحديد الاستدامة باعتبارها تحديًا تصميميًّا. كما كان مشهورًا بالفعل باختراعات على شاكلة القبة المنيعة خفيفة الوزن ذات المثلثات المتشابكة «الجيوديسية»، وكَتب بغزارة عن الحاجة إلى «ثورة لإعادة ضبط الأدوات الصناعية»، موضحًا أنه لتحقيق الرفاهية الدائمة، علينا أن نتعلم إنجاز المزيد بموارد أقل. ومثل بولدينج، رأى فولر أننا في حاجة إلى التعامل مع الوقود الأحفوري باعتباره وسيلة قصيرة الأجل، بينما نبحث في كيفية صياغة مستقبَل مستدام. وبالنسبة إلى قارئ اليوم، لا تكفي الأفكار التي طرحها عمل فولر للتعويض عن ذاتية لغته وحجته. ويُعتبر كتاب ويليام ماك دونوف، ومايكل برونجارت «من المهد إلى المهد» *Cradle to Cradle* (North Point, 2002) مقدمة ـ أفضل بكثير ـ إلى التصميم المستدام. وفي عام 1969، بدا عمل فولر مثيرًا، وأصبح كتابه «دليل تشغيل سفينة الفضاء الأرضية» مرجعًا أساسيًّا للحريصين على اختراع طرق فعالة بيئيًّا لتوفير الطاقة، وبناء المنشآت، وإدارة المخلفات.

وقد أرسى كتاب كومونر «الدائرة المنغلقة» دعائم عِلم البيئة الصناعي، وذلك ـ على وجه الخصوص ـ في عقود ما بعد الحرب؛ حيث رأى كومونر أن العالَم الصناعي بات يعتمد على مجموعة من التقنيات «المختلة بيئيًّا»، بدءًا من الطاقة النووية، وصولاً إلى المبيدات الكيميائية. وبدلاً من ذلك.. كانت تقنيات المستقبل في حاجة إلى الاتساق مع أربعة مبادئ أساسية، حيث عَرَّفها بأنها قوانين البيئة، التي تتمثل في النقاط التالية: «كل الأشياء مرتبطة ببعضها»، و«لكل شيء مآل»، و«الطبيعة تعرف أكثر»، و«لا شيء في الحياة دون مقابل».

مع ذلك.. اعتبر كومونر أن مكمن المشكلة اقتصادي وسياسي، وليس تكنولوجيًّا. وأثناء مناقشته للمعنى الاقتصادي لعِلم البيئة، قال إن نظام الشركات الخاصة يحتوي على مثالب خطيرة. فالشركات لديها دوافع قوية لإنتاج منتجات جديدة تضر بالبيئة، أكثر من المنتجات التي تحل محلها. ولذلك.. فلا حاجة للشركات بأنْ تفسر إنفاق «رأس المال الحيوي»، كما أنها لا تدفع الثمن الكامل للإنتاج الذي يتضمن التلوث. وفي العقود التي تلت إصدار كتاب «الدائرة المنغلقة»، أصبح تحويل الرأسمالية إلى صورة أكثر صداقة للبيئة من الشواغل الأساسية للاقتصاديين، وأساتذة الجامعات من كليات الأعمال، ورواد الأعمال، والموظفين التنفيذيين للشركات، والنشطاء، مع ذلك.. لم يَنْمَحِ أثر نقاط كثيرة مما كان محلّ نقد كومونر.

تساءل كتاب «حدود النمو» ـ مجازًا ـ حول ما إذا كان بوسع البشر الاستمرار في تلبية المزيد من احتياجات الأرض، أم لا. واستخدم المؤلفون النماذج الحاسوبية؛ لاستكشاف التفاعلات بين النمو السكاني، والطلب على الموارد، والتحول إلى الصناعة، وإنتاج الطعام، والتلوث. ولم يتنبأ المؤلفون بالمستقبل، على الرغم من أن المعلِّقين يتجاذبون أطراف الجدل منذ ذلك الحين حول ما إذا كانت «تنبؤاتهم» صحيحة، أم لا. وبدلاً من ذلك.. استقرأوا المعلومات الموجودة لديهم، حيث كتب المؤلفون أنه إذا استمرت التوجهات الحالية؛ فستصل البشرية إلى طريق مسدود «في وقت ما، خلال المائة عام التالية». وعَبَّر المؤلفون عن أملهم في أن يتفادى البشر انتكاسةً، ولكنهم أفادوا مرارًا بأنه ليس بوسعهم إعداد نموذج يتضمن العوامل الاجتماعية والسياسية والثقافية التي يمكنها أن تُحْدِث تحولًا في التوجهات. وأخذوا في الاعتبار فرضية أن التكنولوجيا قد تتقدم؛ لتصبح زرًّا سحريًّا لإنجاز الأمور، وكانت النتائج صادمة. وحتى عندما سمحوا بالتقدم التكنولوجي الذي يزيد مِن توفُّر الموارد كثيرًا، ويقلل من كمية التلوث، كانت النتيجة ـ ولا تزال ـ حدوث انهيار شديد.. فالابتكار وحده لم يكن بوسعه

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أن يؤدي إلى اقتصاد مستدام؛ فقد كنا في حاجة إلى نقلة جذرية في القِيَم.

أَحْدَثَ كتاب «حدود النمو» ضجة عالمية، وبِيْعَ منه ما يربو على 12 مليون نسخة بأكثر من 30 لغة. وقد قام ميدوس، وميدوس، وراندرس بتحديث التحليل في عام 1993، ثم مرة أخرى في عام 2004، ولا يزال سؤال الحدود يثير جدلاً قويًّا. ويُعتبر كتابَا «عالَم كبير.. كوكب أصغر» *Big World, Small Planet* (Yale University Press, 2015) للمؤلفَيْن جوهان روكستروم، وماتياس كلوم، وكتاب «انكماش الأرض» *Shrinking the Earth* (Oxford University Press, 2016) مجرد كتابين من بين كتب عديدة تستقصي مشكلة النمو.

كما أَدَّى كتاب «أرض واحدة فحسب» للمؤلفَيْن وارد، ودوبوس ـ الذي وُضع ليلحق بمؤتمر الأمم المتحدة، الذي عُقد في عام 1972 عن البيئة البشرية ـ إلى إضافة منظور عالمي لمناقشات الاستدامة، حيث سافرت وارد حول العالم، بصفتها خبيرة في التنمية الاقتصادية، وتم تداول مسودة أولية من الكتاب؛ للتعليق عليها من جانب رواد العلوم والأعمال والفكر من 58 دولة. وكانت النتيجة جديرة بالقراءة، لمجرد تلخيص إجاباتهم، التي أوضحت أن البشر حول العالم يحملون رؤى شديدة الاختلاف حول القضايا البيئية. فعلى سبيل المثال.. أيَّدَ أحد المشاركين الأوروبيين فكرة الانسحاب من التحول إلى الصناعة، في حين كَتَبَ رجل دولة آسيوي أن الدول النامية لا يمكنها أن تُقْدِم على أحلام المسافات الشاسعة، دون أن تتحمل تبعات ذلك».

وترى وارد، ودوبوس أنّ أيّ جهد مبذول لضمان بقاء البشرية يجب أن يعمل على رأب الصدع الرهيب بين الدول النامية، والدول المتقدمة. وعلى الرغم من أنهما لم يستخدما عبارة «التنمية المستدامة»، فقد قَدَّمَا تحليلًا مبتكرًا لتحدي رفع مستوى معيشة الفقراء، دون إحداث تدهور في البيئة. وفي الوقت ذاته، دَعَيَا الدول المترفة إلى عدم النظر تحت أقدامها فحسب، فقد تَعَيَّنَ على الدولة المزدهرة أن تُقِرّ بالدمار الذي كانت تُلْحِقه بالمجال البيئي، وأن تستوعب أن مصيرها ليس منفصلًا عن مصائر سائر العالم. ولأن غالبية الأخطار البيئية كانت عالمية، انتهت وارد، ودوبوس إلى أن «الاعتماد الكوكبي المتبادل» أصبح حقيقة أخلاقية وسياسية، وليس فقط «حقيقة علمية صعبة، ولا مفر منها». هذا.. ويُعتبر مؤتمر المناخ ـ الذي عقدته الأمم المتحدة في نوفمبر الماضي في باريس ـ اختبارًا لمدى قُرْبنا من تحقيق هذا الهدف.

عند قراءة الكتب الكثيرة، التي صدرت في أوقات متقاربة من هذا العقد، يتضح أن بناء حضارة مستدامة أمر متعدد الأبعاد، يتضمن كل شيء: العلم، والتكنولوجيا، والسياسة، والعلاقات الاجتماعية، والأخلاقيات. ولهذا.. لا يمكننا أن نتقدم ونحن نسير في خط مستقيم، بل علينا أن نقارِب الهدف من اتجاهات متعددة، بمرونة وتماسك. ■

آدم روم أستاذ التاريخ واللغة الإنجليزية، ورئيس يوني ديل هيلين جولدنر للبيئة بجامعة ديلوير في مدينة نيو آرك. كان كتابه الأخير بعنوان: «عبقرية يوم الأرض» *The Genius of Earth Day*.
البريد الإلكتروني: arome@udel.edu

ملخصات كتب



الأخَوَان فونيجت.. علوم وخيال علمي في بيت السِّحْر

جينجر ستراند، الناشر: فارار شتراوس آند جيرو (2015)

كيرت فونيجت هو روائي في قصص الخيال العلمي، ومشاغب محبوب، اشتُهر بدراسة الكيمياء، ولكنَّ أخاه بيرني هو الذي لمع في هذا المجال. وعَبْر تاريخ ثقافي مشوِّق، يُتابع جينجر ستراند التطور الفكري للأخوين فونيجت، إبان الحرب العالمية الثانية وتوابعها الباردة. فقد دفع بيرني اهتمامه بالجيش إلى إجراء الأبحاث في مَعامل «جنرال إليكتريك» على مادة يوديد الفضة، بوصفها محفِّزة لاستمطار السحب، كما أن تجارب كيرت المخيفة في القتال كانت مصدر الإلهام لقصصه الخيالية التي لا تضاهَى. ويبيِّن ستراند كيف أن كلا الرجلين، بدعوتهما ـ كلّ بطريقته الخاصة ـ إلى فصل التقدُّم عن الصراعات، كَشَفَا عن تكامل نادر بينهما.



الرعد والبرق.. الطقس في الماضي، والحاضر، والمستقبل

لورين ريدنيس، الناشر: راندوم هاوس (2015)

كان كتاب «مُشِعّ» *Radioactive* (إت بوكس، 2010، انظر: G. Frazzetto *Nature* **469**, 29; 2011) للكاتبة والفنانة لورين ريدنيس عملًا بارعًا ورائعًا، دمجت فيه الرسوم المتميِّزة مع السرد المُبتكَر لحياة ماري وبيير كوري. وهنا، في رواية أخرى ثرية جماليًّا، وتتمّ عن بحث متعمق، تتناول ريدنيس الظواهر الجوية؛ إذ يضم الكتاب ظواهر عديدة، من الضباب إلى الزوابع، مرورًا بالسُّحب بأنواعها، باعتبارها سلسلة من لوحات سديميَّة، وتجارب الاحتفاء الحسي بالطقس، مثل حمّام الهواء الذي اشتُهر به بنيامين فرانكلين، أو «السكون الخافت» لهبوط الثلج، وما إلى ذلك. ويُعَدّ هذا الكتاب بمثابة عاصفة هوجاء، تُمطِر القارئ بالأفكار والإلهام.



سقوط المجد: قيام وزوال عشرين مبنى، من برج بابل إلى بُرْجَي مركز التجارة العالمي

جيمس كراوفورد، الناشر: أولد ستريت (2015)

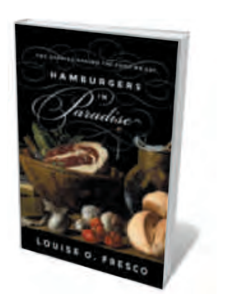
هذه السِّير المتعددة لمبانٍ هائلة متناسقة لم يبق لها أثر، هي في حد ذاتها سِيَر متناسقة، تبدأ من العراق، وتُتابِع إلى مانهاتن، وما بعدها. ومن أبرز ما جاء في سرد الكاتب جيمس كراوفورد، وَصْفه لبرج بابل الذي يلوح بين معالم بابل الهائلة، التي بناها إمبراطور بلاد الرافدين، نبوخذ نصَّر، وفي لوحة بيتر بروجيل الأكبر الخلابة والمريكة، التي رسمها سنة 1563. وقد تهاوَى كل من الباستيل، والمنتدى الروماني، وجدار برلين تهاويًا مؤثرًا، وانهار بعدها بُرْجَا مركز التجارة في نيويورك على إثر الأحداث الشنيعة التي وقعت سنة 2001. أمّا عن مأخذي البسيط الوحيد تجاه الكتاب، فهو أنه لا يوجد به فهرس.



أشجار البرتقال في مراكش.. ابن خلدون، وعِلْم الإنسان

ستيفن فريدريك ديل، الناشر: مطبعة جامعة هارفارد (2015)

ابتكر عالِم تونسي، منذ ستة قرون مضت، مرآة جديدة للبشرية. فمن خلال رائعته، «المقدِّمة»، بات ابن خلدون (1332-1406) أول مَن تناول التاريخ علميًّا، بتحليل الشواهد الاجتماعية، والاقتصادية، والسياسية؛ للكشف عن دورات التغير المجتمعي. ويرى المؤرخ ستيفن فريدريك ديل ـ في هذه الدراسة المتقنة ـ أن أعمال ابن خلدون شكَّلت حجر أساس على طريق الانتقال الفكري من العصر اليوناني إلى عصر التنوير، إذ تتوافق أفكاره مع التفكير الراديكالي لفلاسفة معيَّنين، مثل مونتسكيو، وآدم سميث.



شطائر اللحم في الفردوس.. القصص وراء ما نأكله من أطعمة

لويز أو. فريسكو، ترجمة: ليز واترز، الناشر: مطبعة جامعة برينستون (2015)

وراء هذا العنوان غريب الأطوار تاريخ ثقافيٌّ جادٌّ للأطعمة، تُرجِم حديثًا مِن الألمانية، حيث ترى عالمة النباتات، لويز فريسكو ـ التي عملت سابقًا مساعدة مدير عام في منظمة الأغذية والزراعة، التابعة للأمم المتحدة ـ أن الجَنَّة بوصفها.. كناية عن الوفرة المُيسَّرة، تتغلغل في العلاقة الشاقَّة بين البشرية وكل ما يصلح للأكل. واستنتجت من خلال بَحْثها الشامل في ثنايا التكنولوجيا الحيوية، وسلاسل الإمداد، وغير ذلك، أن الجَنَّة الحقيقية، التي تمثل الوفرة، يمكن الوصول إليها، شريطة مزيد من البحث والجهد. باربارا كايسر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مراسلات

قدِّروا التربة، باعتبارها رأس مال طبيعيًّا

ثمة علاقة وثيقة بين الاقتصاد، وصحة التربة (انظر، على سبيل المثال: P. Panagos *et al. Nature* **526**, 195; 2015)، لكنْ يظل تكامل المعلومات حول موارد التربة مع غيرها من معايير رأس المال الطبيعي والنشاط الاقتصادي واحدًا من المجالات التي لا تحظى بالاهتمام الكافي من جانب نظام الاحتساب الاقتصادي البيئي المتكامل، التابع للأمم المتحدة (SEEA).

هذا النظام هو أداة مراقبة واسعة النطاق، بدأت تكتسب زخمًا دوليًّا؛ فهي تدمج البيانات البيئية مع المعايير الاقتصادية، مثل: الدخل القومي، وسوق المال، وإجمالي الناتج المحلي.

إنّ قدرة كل من هذا النظام وحساب رأس المال الطبيعي على دعم جهود المراقبة الإقليمية والقومية والعالمية باتت ملحوظة بصورة كبيرة في ساحات نِقَاش عدة، مثل: أهداف التنمية المستدامة الخاصة بالأمم المتحدة، وأهداف «أيتشي للتنوع الحيوي»، وتطوير بروتوكول رأس المال الطبيعي لجهات الأعمال. ويُعَدّ احتساب موارد التربة إسهامًا قيِّمًا في إثراء هذه الصورة الكبيرة.

كارل أوبست جامعة ملبورن، أستراليا.
cobst@unimelb.edu.au

دروس من مدريد لمحادثات المناخ المقبلة

بمناسبة قمة المناخ التي عُقدت في باريس هذا العام، تجدر الإشارة إلى أن هذه الدورة وافقت ذكرى مرور 20 عامًا منذ اجتماع مدريد، الذي أعلنت فيه اللجنة الحكومية الدولية للتغير المناخي (IPCC) أن «الأدلة تشير إلى وجود تأثير بشري واضح على المناخ العالمي».

إن الدعم الذي حصلت عليه وثيقة اللجنة الحكومية الدولية في عام 1995 أتى من الفهم الفيزيائي لخصائص الاحتباس الحراري للغازات الدفيئة، وملاحظات ارتفاع درجات الحرارة، والمقارنات بين أنماط التغير المناخي المنمذجة والمرصودة («أَخْذ بصمات المناخ»).

نبعت الانتقادات في ذلك الوقت من قلة دراسات البصمات المناخية، والتعامل غير الملائم مع الشكوك، والتركيز على درجة حرارة السطح، وسوء تقدير الضجيج المناخي الطبيعي والاحترار، الذي يتسبب فيه الإنسان.

أحد الدروس التي نتعلمها من اجتماع مدريد هو أهمية التجاوب مع الانتقادات المبررة. فقد قام خبراء تحليل المناخ منذ ذلك الحين بالكشف عن بصمات درجات الحرارة، التي تَسَبَّب فيها البشر، بدءًا من طبقات الجو العليا (ستراتوسفير)، وصولًا إلى أعماق المحيطات، وفحصوا كذلك متغيرات كثيرة غير درجات الحرارة. ومن الروتيني تقييم الشكوك في بيانات المناخ المرصودة ونماذج المحاكاة. إن إشارات كلٍّ من الاحترار الذي تسبَّب فيه الإنسان، وضجيج تقلُّب المناخ الطبيعي يتم قياسها الآن بشكل أفضل. وقد ساد استخدام هذه المؤشرات منذ أواسط القرن العشرين.

كما أننا تعلمنا أن الوصول إلى فَهْم علمي دولي يمكن أن يتأتَّى في أقل من 20 عامًا من الضجيج العشوائي غير المبرَّر، والمعلومات المضللة، وأن جملة واحدة قد تغيِّر العالم.

بنجامين دي. سانتر مختبر لورانس ليفرمور الوطني، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
santer1@llnl.gov

التلوث الدوائي.. أوروبا تستجيب

باعتبارنا مديرين لجمعية صناعة الأدوية الذاتية الأوروبية، والاتحاد الأوروبي للصناعات والجمعيات الصيدلانية، والجمعية الأوروبية للعقاقير العامة والبدائل الحيوية، على التوالي، فنحن ملتزمون بتوفير عقاقير آمنة، وفعالة، وعالية الجودة، دون إطلاق مكوِّنات ضارة بالبيئة (انظر: *Nature* **526**, 164; 2015).

تعدُّ النفايات السائلة الناتجة عن تصنيع العقاقير مرتبطة بـ 2% فقط من المواد الدوائية الموجودة في البيئة في أوروبا (انظر: go.nature.com/ovgyaa)، وذلك لأنها تُدار بكفاءة (D. J. Caldwell *et al. Environ. Toxicol. Chem.* http://doi.org/8xf; 2015). وقد بدأ القطاع الصناعي يتحكم في التلوث الدوائي الناتج عن مصادر أخرى، استجابةً للتشريعات التي تحكم كافة جوانب العمليات الصيدلانية. وتستمر المراقبة، حتى بعد طرح الأدوية في الأسواق.

يتم ذلك بالاستعانة بمبادرات معينة، مثل إطار عمل الزمالة البيئية الصيدلانية، التابع لنا؛ وهو وبرنامج شامل لإدارة المخاطر البيئية. كما أننا ندير على شبكات التواصل الاجتماعي حملة مشتركة؛ للتخلص من النفايات الدوائية (www.medsdisposal.eu). ويَستخدِم مشروع iPIE ـ التابع لمبادرة الأدوية المبتكرة ـ طرق تقييم متطورة، تهدف إلى كشف المخاطر البيئية للعقاقير الملوِّثة النشِطة.

هوبرتس كرانز جمعية صناعة الأدوية الذاتية الأوروبية (AESGP)، بروكسل، بلجيكا.
ريتشارد برجستروم الاتحاد الأوروبي للصناعات والجمعيات الصيدلانية (EFPIA)، بروكسل، بلجيكا.
أدريان فان دن هوفن الجمعية الأوروبية للعقاقير العامة والبدائل الحيوية (EGA)، بروكسل، بلجيكا.
richard.bergstrom@efpia.eu

حرائق الخث.. الانبعاثات ستتفاقم على الأرجح

إن الضباب الهائل الناتج عن الحرائق المتعمَّدة للغابات وأراضي الخث في إندونيسيا، التي بدأت بغرض تنظيف الأرض للزراعة، وتفاقمت بسبب الجفاف، قد تَحَوَّل إلى أزمة عالمية. وبإمكان الحكومة الإندونيسية إيقاف هذه الكارثة السنوية، لكنْ يبدو أنها تفتقر حتى الآن إلى الإرادة السياسية اللازمة للقيام بذلك.

خلال العقد الماضي، دمَّرت إندونيسيا غاباتها بشكل أسرع من أي دولة أخرى (انظر: go.nature.com/b9rhxz). وفي أحد التقديرات.. لُوحِظ أنّ انبعاثات الكربون اليومية من حرائق الغابات وأراضي الخث الإندونيسية تتجاوز تلك الناتجة عن الاقتصاد الأمريكي كله (انظر: go.nature.com/hpworu).

سوف يزداد الموقف سوءًا على الأرجح؛ فإندونيسيا وماليزيا تخططان لإنشاء مجلس الدول المنتِجة لزيت النخيل، ما يعني تحريض شركات استغلال الغابات الكبرى على التهاون في تنفيذ تعهداتها بعدم إزالة الغابات (انظر: go.nature.com/agvbhn). إن التوسع في زيت النخيل هو واحد من أكبر أسباب تدمير أراضي الخث والغابات.

لم تعد ردود الفعل المحلية وأنصاف الحلول المتأخرة التي تتخذها الحكومة الإندونيسية كافية.. فبدعم من المجتمع الدولي، ينبغي عليها أن تحظر تمامًا حرق أراضي الخث والغابات المحلية، وأن تعلن تعليق أنشطة تطهير أراضي الخث، وأن تُعيد المياه إلى الأراضي التالفة، وأن تخصِّص حوافز مالية للمقاطعات الإندونيسية؛ للحَدّ من إزالة الغابات.

سوزان جي. لورانس، وليام إف. لورانس جامعة جيمس كوك، كيرنس، كوينزلاند، أستراليا.
susan.laurance@jcu.edu.au

دور المستهلكين في المساءلة البيئية

يستمر تلوث الهواء الخانق في جنوب شرق آسيا بلا هوادة، ويغذيه حرق مستنقعات الخث من أجل الزراعة. هذه القضية تمثل تحديًا للاتفاقات الإقليمية الموجودة منذ فترة طويلة حول تطهير الأراضي من قِبَل الحكومات المشارِكة في اتحاد دول جنوب شرق آسيا، وهي الآن تحفِّز المنظمات غير الحكومية والبنوك وجهات الأعمال على اتخاذ إجراء ضد الشركات المسؤولة عن ذلك.

وقد لاقَى قانون تلوث الضباب العابر للحدود العقابي في سنغافورة شيئًا من النجاح (انظر، على سبيل المثال: J. H. S. Lee *et al. Environ. Sci. Policy* **55**, 87–95; 2016). وأوقف مجلس البيئة في سنغافورة ـ وهو منظمة غير حكومية ـ إصدار الشهادات البيئية لشركات إنتاج لُب الورق، التي قد تكون متورطة في الحرائق. وقد حث ذلك بعض سلاسل الأسواق في سنغافورة على التوقف عن بيع منتجات تحتوي على مواد خام من هذه الشركات. وتقوم بنوك بمراجعة سياسات تلك الشركات، قبل إقراضها. إن هذا الإيقاف قد يشجع الشركات على أن تصبح أكثر مراعاة لمفهوم الاستدامة، وأن تفكر في تجنُّب المساس بغابات مستنقعات الخث غير المستصلَحة، والحفاظ عليها.

ينبغي على المستهلكين دعم هذه الحملة للمساءلة البيئية للشركات، من خلال استخدام الموارد المتاحة للعامة (انظر، على سبيل المثال: www.ethical.org.au)؛ لضمان ألا تتسبب اختياراتهم من المنتجات في القضاء على الخث.

لاهيرو إس. ويجيداسا جامعة سنغافورة الوطنية، ورابطة الحفاظ على البيئة، سنغافورة.
ماري روز سي. بوزا جامعة سنغافورة الوطنية، سنغافورة.
جوبالاسامي آر. كليمينتس جامعة ماليزيا تيرينجانو، كوالا تيرينجانو، ماليزيا.
lahirux@gmail.com

انتبهوا لوجهة نظر ذوي الاحتياجات الخاصة

تَحمِل تقنية «كريسبر/كاس 9» للتعديل الجيني بداخلها إمكانيات رائعة، لكنها ليست بالضرورة كذلك من منظور حقوق ذوي الاحتياجات الخاصة (انظر: D. J. H. Mathews *et al*. *Nature* **527**, 159–161; 2015). فمن غير المرجح ـ من وجهة نظري ـ أن يتهافت الأشخاص ذوو الاحتياجات الخاصة على إجراء تعديلات جينية، لأن أولويّتهم هي التغلب على التفرقة والتحيز.

إن «إصلاح» انحراف جيني مسبِّب لمرض نادر قد يبدو عملًا صالحًا بشكل واضح، بافتراض أن هناك إجماعًا قويًّا على الحدّ الفاصل الذي يمكنه التفريق بين الطبيعي والمرضي. وعلى عكس الافتراض السائد.. فإن غالبية الأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة يعيشون حياة ذات جودة مساوية لتلك التي يعيشها غيرهم من الأصحاء (G. L. Albrecht and P. J. Devlieger *Soc. Sci. Med*. **48**, 977–988; 1999).

يَنظر مجلس نوفيلد البريطاني إلى أخلاقيات علم الأحياء في الأبعاد الأخلاقية والاجتماعية لتقنية «كريسبر». وهناك حاجة مُلِحّة لصياغة مبادئ توجيهية دولية تقرِّر تطبيقات التقنية (*Nature* **526**, 310–311; 2015)، كما ينبغي أن يتم الاستماع إلى أصوات ذوي الاحتياجات الخاصة.

توم شكسبير جامعة إيست أنجليا، نوريتش، المملكة المتحدة.
tom.shakespeare@uea.ac.uk

تعديل الجينات.. التحكم في ما يمكن توقُّعه

من منظور حقوق ذوي الاحتياجات الخاصة، تطغى المشكلات التي أثارت الجدل حول تعديل الجينات البشرية (انظر: go.nature.com/6wb45k) على افتتاحية مؤتمر الأكاديميات القومية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب (انظر: D. J. H. Mathews *et al*. *Nature* **527**, 159–161; 2015). ويتعارض تصوير المؤلفين للجمهور على كونه متلقيًا سلبيًّا «للحكمة» التي يحملها «الخبراء» مع مواصفات الخطاب الصحي حول الحوكمة والبحوث الهادفة.

لدى منظمات المجتمع المدني المدافِعة عن حقوق ذوي الاحتياجات الخاصة تاريخ من الاختلاف مع مثل هؤلاء الخبراء ـ ومن بينهم المسؤولون، والعلماء، والأطباء ـ حول تَصَوُّرهم عن الأشخاص ذوي الإعاقة. ويتلخص هذا التصور في كونه «تحيزًا للقادرين»، وهي نظرة تَعتبِر أن الإعاقة شذوذ عن المعتاد، بدلًا من اعتبارها ملمحًا من ملامح التنوع البشري. وهذا قد يؤدي إلى «حلول» معيبة، وإضعاف لذوي الاحتياجات الخاصة (انظر: G. Wolbring *J. Crit. Anim. Stud*. **12**, 118–141; 2014).

وقد كتب ماثيوس وزملاؤه: «حان الوقت لاتخاذ قرار جماعي حول نوع العالَم الذي نريد أن نعيش فيه». وهذا القرار ينبغي أن يتضمن رؤية القدرات الإنسانية، والمتوقَّع منها، وكيف يمكن إدارتها.

جورج وولبرينج جامعة كالجاري، ألبرتا، كندا.
gwolbrin@ucalgary.ca

تعديل الجينات.. استطلاع رَأْي

بمناسبة قمة الأكاديميات القومية الأمريكية للعلوم والهندسة والطب، التي تناقش استخدام تقنية تعديل الجينات الوراثية «كريسبر/كاس9»، ندعو القراء إلى مشاركة آرائهم حول هذه التقنية واستخدامها، في استطلاع للرأي على: go.nature.com/eyowaf.

يُعَدّ إشراك الجمهور في صناعة القرارات المتعلقة بتطبيقات العلوم والتقنية ذات التأثير على المجتمع أمرًا حيويًّا. وهذه القمة مصمَّمة ـ إلى حد ما ـ على غرار مؤتمر أسيلومار لعام 1975 حول المخاطر البيولوجية المحتمَلة للحمض النووي الهجين (انظر: *Nature* http://doi.org/899; 2015). ولا ينبغي أن نرتكب الخطأ نفسه بإبقائها خلف الأبواب المغلقة.

كما يشير أحد المشاركين في المسح، قد يكون من المستحيل «إعادة هذا المارد ‹تقنية كريسبر/كاس9› إلى قمقمه».. لذا.. فعندما يتعلق الأمر بالأمنيّات المطلوبة من المارد، فإن أمنيّات كل من العلماء والجمهور يجب وضعها في الاعتبار.

سيلفيا كامبوريسي، لارا ماركس جامعة كينجز كوليدج لندن، المملكة المتحدة.
silvia.1.camporesi@kcl.ac.uk

كارثة المناجم.. استعيدوا الموائل فورًا

في منطقة الغابات الأطلسية المطيرة في البرازيل، غرقت المدن، وتلوثت أماكن تجميع مياه الأمطار، عندما تم إطلاق نحو 50 مليون متر مكعب من المياه شديدة التلوث من مستنقع مخلفات الحديد الخام. ولهذا.. ينبغي على شركة التعدين المسؤولة، ووزارة البيئة البرازيلية التصرف سريعًا؛ لتخفيف الضرر الإنساني والبيئي.

وقد حَرَم هذا الحادث حوالي 500 ألف شخص من مصدر حصولهم على المياه. ومن المحتمَل أن يدمر الشبكة البيئية تمامًا من خلال التلوث الكيميائي، وانخفاض توافر الأكسجين، وشدة التعكر، وهو ما يزيد من تهديد وضع المنطقة كواحدة من النقاط الساخنة للتنوع الحيوي في العالم.

وسيكون على السلطات أن تتعاون مع الجامعات بشأن استعادة النظام البيئي، والمشروعات التنموية.

جوني كابيشوني ماسانتي جامعة فلومينينسي الفيدرالية، نيتيريو، ريو دي جانيرو، البرازيل.
jcmassante@id.uff.br

جامعات رائدة في العالم الإسلامي

باعتباري رئيسًا سابقًا للجنة التعليم العالي في باكستان، والمنسِّق العام السابق لهيئة العلوم والتقنية، التابعة لمنظمة التعاون الإسلامي COMSTECH، أرى أن هناك جامعات في العالم الإسلامي ليست في مثل تلك الحاجة الماسة إلى التنشيط، التي يصفها نضال قيسوم، وأطهر أسامة (*Nature* **526**, 634–636; 2015).

هناك على الأقل ثلاث جامعات منها موضوعة ضمن أعلى 250 جامعة حول العالم؛ مثل جامعة مالايا في كوالالامبور، وجامعة الملك فهد، وجامعة الملك سعود، وكلتاهما في المملكة العربية السعودية (انظر: go.nature.com/4gfu2u). وفي عامي 2013 و2014، صُنفت جامعة الشرق الأوسط التقنية، وجامعة اسطنبول التقنية، وجامعة بيلكينت في تركيا ضمن أعلى 400 مؤسسة علمية على مستوى العالم (انظر: go.nature.com/m6195d). وصُنفت جامعة باكستان القومية للعلوم والتقنية، والمعهد الباكستاني للهندسة والعلوم التطبيقية ضمن أعلى 200 جامعة آسيوية في عام 2014 (انظر: go.nature.com/kdwt8w). وتُعتبر جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ومعهد «مصدر» في أبو ظبي نجمين صاعدين.

وطبقا لبيانات عام 2014 حول النشر العلمي، صُنفت إيران في المركز الـ16 على مستوى العالم، وتركيا في المركز الـ19، وماليزيا في المركز الـ23، متكافئة بذلك مع سويسرا وتايوان وبعض الدول الاسكندنافية، وتسبق بذلك جنوب أفريقيا (انظر: go.nature.com/ms6fct).

إضافة إلى ذلك.. فإن متطلبات لجنة الإمارات العربية المتحدة للاعتماد الأكاديمي «CAA» تُعتبر أكثر صرامة من تلك الخاصة بمجلس الاعتماد الأمريكي للهندسة والتقنية «ABET»، على سبيل المثال. فبينما تشترط لجنة الإمارات أن يكون أعضاء هيئة التدريس حاصلين على أعلى درجة علمية في مجالهم، مثل الدكتوراة، يشترط المجلس الأمريكي فقط الحصول على الكفاءات المناسبة. كما تشترط لجنة الإمارات على الجامعات أن تكون لديها برامج دكتوراة معتمَدة، إضافة إلى درجات بكالوريوس وماجستير معتمدة.

جافيد لاجهاري باسادينا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية.
jlaghari@gmail.com

دراسات الميكروبيوم تحتاج إلى قادة محليين

كباحثين في مشروع الميكروبيوم البرازيلي، نشدد على أن إنشاء مبادرة دولية قوية للميكروبيوم تحتاج إلى قيادة محلية، بدلًا من التوحيد العلمي الرأسي (انظر: N. Dubilier *et al*. *Nature* **526**, 631–634; 2015).

يتعلق التنوع الميكروبي والوظائف الميكروبية بملامح مترابطة جغرافيًّا، ولذا.. فإن البحوث المحلية في هذا الخصوص ضرورية لدعم المعايير القومية؛ لحماية التنوع الحيوي. وبإمكان الباحثين المرتبطين بمثل هذه المشروعات تعزيز سمعة بلادهم في العلوم والتقنية. وإذا ما خضعت المبادرة الدولية للميكروبيوم للضغوط الرامية إلى تجنُّب المشاركة البحثية المحلية، فقد تعمل على توجيه الأولويات العلمية وإدارة المشروعات في اتجاه مصالح البعض، وتؤثر سلبيًّا على استقلال العلوم.

إن الموارد التي يتم إنفاقها على التعاون العالمي، دون توصيف واضح للأهداف، قد تنتج كذلك عن إنشاء معايير وبروتوكولات لا نهاية لها (انظر: *Nature* http://doi.org/9gx; 2015). ومن وجهة نظرنا.. نرى من المهم توحيد الباحثين على المستوى المحلي؛ لمناقشة مثل هذه القضايا، قبل فرْض نموذج محدد مسبقًا.

فيكتور إس. بيلرو، و**دانيال كيه. مورايس** مركز بحوث رينيه راتشو (CPqRR-FIOCRUZ)، بيلو هوريزونتي، ميناس جيرايس، البرازيل.
لويز إف. دبليو. روش جامعة بامبا الفيدرالية، ساو جابرييل، ريو جراند دي سول، البرازيل.
victor.pylro@brmicrobiome.org

ريتشارد هِك
(1931-2015)

عالِم الكيمياء العضوية، الذي فاز بجائزة «نوبل» على أبحاثه في مجال الحَفْز باستخدام مركّبات البلاديوم.

«افعل شيئًا باستخدام الفلزات الانتقالية».. كانت هذه التعليمات شبه الهزلية هي ما أعطاه رئيس وحدة الأبحاث في شركة «هيركيليس باودر» Hercules Powder لريتشارد هِك في عام 1958، بعد عامين من التحاقه بالعمل. وبعد أن قام هِك باستشارة بات هنري، عالِم الكيمياء العضوية الفلزية، الذي كان يشغل المكتب المقابل له، وبعدما أمعن التفكير في هذا الموضوع بجرأة علمية؛ اكتشف هذا العالِم طريقة جديدة لربط ذرات الكربون ببعضها البعض في خطوة واحدة (R. F. Heck *Synlett* **18**, 2855–2860; 2006).

تُعَدّ الرابطة التي تصل ما بين ذَرَّتَيْ كربون شرطًا ضروريًّا للحياة، حيث تقوم الطبيعة بحَفْز تكوين هذه الرابطة باستخدام الإنزيمات، بينما استخدم هِك البلاديوم لأداء المهمة ذاتها، حيث تنبأ هذا الاكتشاف ببزوغ فجر جديد لتصنيع المركّبات العضوية، وهو المجال الذي يتخصص في بناء مجموعة واسعة النطاق من المركّبات، التي تشمل الوحدات البنائية البسيطة، وكذلك مجموعة مذهلة من التركيبات الذَّرِّية المهولة. وقد شَكَّلت هذه الأبحاث الخطوة الأولى في الطريق الذي انتهى بحصول هِك على جائزة «نوبل» للكيمياء في عام 2010.

اسأل علماء الكيمياء العضوية اليوم عن المنتجات التي قاد إليها تفاعل هِك، وسيشيرون إلى شاشات الهواتف الذكية، والمركّبات الواقية من الشمس، والعطور، والمبيدات الحشرية، والأدوية. وأحد الأمثلة على هذه المركّبات هو عقار نابروكسين، الذي يُستخدم لعلاج الألم، والحُمَّى، والتصلب، والالتهاب، والذي لا يحتاج الحصول عليه لوصفة طبية. أمّا لو طرحتَ السؤال ذاته على عالِم أحياء، فسوف يذكر لك أن هذا التفاعل هو الأساس الذي تعتمد عليه عملية اقتران الصبغات الفلورية مع قواعد الحمض النووي، وهو الأمر الذي يسمح بميكنة عملية فك تتابع الحمض النووي، وفك شفرة الجينوم البشري.

توفي ريتشارد هِك في يوم 9 أكتوبر 2015 في مدينة مانيلا. وقد وُلد هذا العالِم في سبرينجفيلد، ماساتشوستس، في يوم 15 أغسطس 1931. وعند بلوغه الثامنة، انتقل مع والديه محترِفَيِ الرقص إلى مدينة لوس أنجيليس في كاليفورنيا، حيث أشعلت الألوان البراقة، والروائح العطرة للزهور الموجودة في قطعة أرض خالية بجوار بيته في لوس أنجيليس جذوة اهتمامه بالكيمياء. وبعد حصوله على الدكتوراة من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجيليس على أبحاثه مع عالِم الكيمياء العضوية الفيزيائية البارز سول وينستين، وإتمامه لزمالة دراسات ما بعد الدكتوراة مع الكيميائي الذي حصل فيما بعد على جائزة «نوبل»، فلاديمير بريلوج، في المعهد السويسري الفيدرالي للتقنية في زيورخ، التحق هِك ذو الخمسة وعشرين عامًا وقتئذ بشركة هيركيليس (التي تُعرف اليوم باسم «آشلاند» Ashland) في ولمينجتون، ديلاوير، في عام 1956.

وبعد عامين من العمل على تطوير عملية تجارية لإنتاج البولي إيثيلين باستخدام عوامل زيجلر-ناتا الحفازة المكتشَفة حديثًا وقتئذ، طلب مدير الأبحاث ديفيد بريسلو من هِك إنجاز المهمة البحثية سابقة الذكر، التي اتضح فيما بعد أنها كانت مصيرية، ومهمة للغاية. وقال عنها هِك بعد ذلك: «لقد تركوا لنا الحرية الكاملة لتجربة كل ما هو ممكن». وأدرك هِك أن الاكتشافات تتقدم خطوة فخطوة من الملاحظات المتناثرة في الأدبيات العلمية. ولذا.. قام بدراسة التفاعل المسمَّى «تفاعل أوكسو» Hydroformylation، ثم اقترح أول آلية صحيحة لتفاعل يتم تحفيزه بواسطة فلز انتقالي. وأضاءت هذه الآلية الطريق لفهم التفاعلات العضوية الفلزية الأخرى، التي لم ندرك طريقة حدوثها من قبل، كما قادت إلى إنتاج محصول وافر من المعرفة الكيميائية الجديدة بخصوص المركبات العضوية الفلزية، التي تحتوي على عنصر الكوبالت.

تُستخدم تقنية «تفاعل أوكسو» في الوقت الحالي لإنتاج 6.8 طن من وحدات البناء الكربونية الأساسية (الكحوليات والألدهيدات) في كل عام، من أجل تصنيع المركّبات التي نستخدم الكثير منها في حياتنا اليومية. ولربما يجهل الكثيرون في وقتنا الحاضر المجهودات البحثية لهِك في دراسة كيمياء كاربونيل الكوبالت، بغرض تفاعل هذه المركّبات مع مجموعة متنوعة من المركبات العضوية (أول أكسيد الكربون، والألكينات، والداينات، والإيبوكسيدات، والكيتونات). ولمّا لم تكن لدى هِك «فكرة حاضرة» كما ذكر، بخصوص الكيفية التي سوف يوظف بها هذه الكيمياء، لكي يجلب الأرباح لشركة هيركيليس؛ قرر أن يأخذ اتجاهًا مختلفًا.

وفي عام 1968، ذُهل المجتمع الكيميائي من فيض الأبحاث السبعة المتتابعة، التي نشرها هِك منفردًا في دورية «جورنال أوف أمريكان كيميكال سوسيتي». وحين نعيد النظر في هذه الأبحاث الآن؛ فإننا نرى فيها بشارة للأبحاث المبتكرة التي تبعتها، والتي نشرها هِك في عام 1971، بعد أن انتقل الى جامعة ديلاوير، التي تقع على مقربة من الشركة التي كان يعمل بها. وفي العام التالي، نُشرت الورقة العلمية بالغة الأهمية، التي ألَّفها هِك (R. F. Heck & J. P. Nolley *J. Org. Chem.* **37**, 2320–2322; 1972). وبكرمه الأصيل، استهلّ هِك هذا البحث بالاعتراف بأسبقية تسوتومو ميزوروكي في الاكتشاف المنشور. وأكمل هِك حديثه قائلًا: «لقد اكتشفنا هذا التفاعل بصورة مستقلة، كما وجدنا أنه يمكن إجراؤه في ظل ظروف مختبرية أكثر ملاءمة».

ذلك الاكتشاف، الذي يُعرف على نطاق واسع باسم «تَفَاعُل ميزوروكي-هِك»، يتضمن تسلل البلاديوم الحفاز إلى الرابطة التي تصل ما بين ذَرَّة كربون، وذَرَّة هالوجين، لكي ينتج كيانًا كيميائيًّا مؤقتًا. ويمسك هذا المركّب الوسيط بزمام جزيء فعال آخر، لكي ينتج في نهاية المطاف ـ بعد حدوث عدد من التحولات والتغيرات ـ مركَّبًا يحتوي على رابطة جديدة تصل ما بين ذَرَّتَيْ كربون. وعلى الرغم من أن هذه الورقة العلمية قادت في النهاية إلى حصول هِك على جائزة «نوبل» في عام 2010 (بالاشتراك مع أي-إيتشي نيجيشي، وأكيرا سوزوكي)، إلا أنها ظلت مدفونة في الأدبيات العلمية، ولم تحظ في معظم الأوقات على ما تستحقه من تقدير.

واصل هِك السير في هذا الطريق البحثي المبتكر، ونشر بحثين إضافيين في عام 1975، كشف فيهما عن طريقتين جديدتين لتكوين الروابط ما بين ذرات الكربون، حيث كانتا نبوءتين بتفاعلي سونوجشيرا وسوزوكي-مايورا للاقتران المتبادل. « لقد نشرتُ تفاعل سونوجشيرا الخالي من النحاس»، هكذا أخبرني ديك هِك ببساطة.

وخلال هذه الفترة المثمرة من الطفرات البحثية المهمة، أضاف هِك والباحثون الذين عملوا معه أداتين مهمّتين إلى «صندوق أدوات» الكيميائيين التصنيعيين، وهما: تفاعل إضافة مجموعة الكاربونيل إلى هاليدات الأريل، عن طريق الحفز بواسطة البلاديوم، والهدرجة العارضة باستخدام الفورمات كعامل اختزال. وفي الوقت الحالي، يتعلم طلاب المرحلة الجامعية تفاعل هِك في الصف، وفي المختبر، ويستخدم الكيميائيون العاملون في الصناعة التفاعل نفسه؛ لإنتاج أطنان من الأدوية التي تعالج الربو، والسكري، ومرض نقص المناعة البشرية، والكثير من الأمراض الأخرى. ولذا.. يمكن القول إن أبحاث هِك تُعَدّ رائدة في مجال التقنيات الوفيرة، التي تعتمد على الحفز باستخدام الفلزات الانتقالية، والتي تنتشر في كل أنحاء العالم.

في عام 1989، تقاعد هِك، واستقر مع زوجته الفلبينية سوكورو ناردو في ولاية فلوريدا. وفي عام 2006، قُدِّمت إليه الدعوة لكي يواصل أبحاثه على الكوبالت في جامعة كوينز في كندا. وقد تَغَلَّب الطلاب على انبهارهم به؛ لكي يتمكنوا من العمل بجانبه في المختبر، كما حاولوا جاهدين أن يحضروا إلى المختبر قبل موعد وصوله في تمام الساعة الثامنة صباحًا. وبعد 17 عامًا من التقاعد، و45 عامًا من فَتْحِه لباب الأبحاث على الكيمياء العضوية للكوبالت، دخل ديك الى المختبر مرة أخرى، وقام بتحضير المركّبات، وبقياس أطياف الأشعة تحت الحمراء لها.. «ستحصل على كل ما تحتاجه من معلومات». وبمساعدة باحث ما بعد الدكتوراة، حصل على بيانات الرنين النووي المغنطيسي، ومطيافية الكتلة فائقة الوضوح، وقام بتفسيرها، واتخذ الخطوات التالية اللازمة.

في وقت لاحق من عام 2006، عاد ديك إلى الفلبين مع زوجته سوكورو. وفي الخطاب الورقي الذي أرسله لي، ذكر أنه عاد إلى هوايتيه المفضَّلتين: «لديَّ مساحة أرض خالية، تصلح لزراعة بستان جديد. وبهذا.. سوف يكون لديَّ ما أعمله. فهل وجدتَ بعد مَنْ يَوَدّ العمل على كاربونيل الكوبالت؟» كذلك قام برسم البِنَى الكيميائية للخطوات التالية الممكنة على الطريق المرصوف بالبلاديوم، الذي قام ببنائه. ■

فيكتور سنيكس يعمل في جامعة كوينز، أونتاريو، كندا. وقد عمل ريتشارد هيك في مختبراته في عام 2006.
البريد الإلكتروني: victor.snieckus@chem.queensu.ca

UNIV. DELAWARE

أبحاث

أنباء وآراء

تقنيات التصوير الطبي الجمع بين تقنيّتين يتيح لنا تحليل أنسجة العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد **ص. 58**

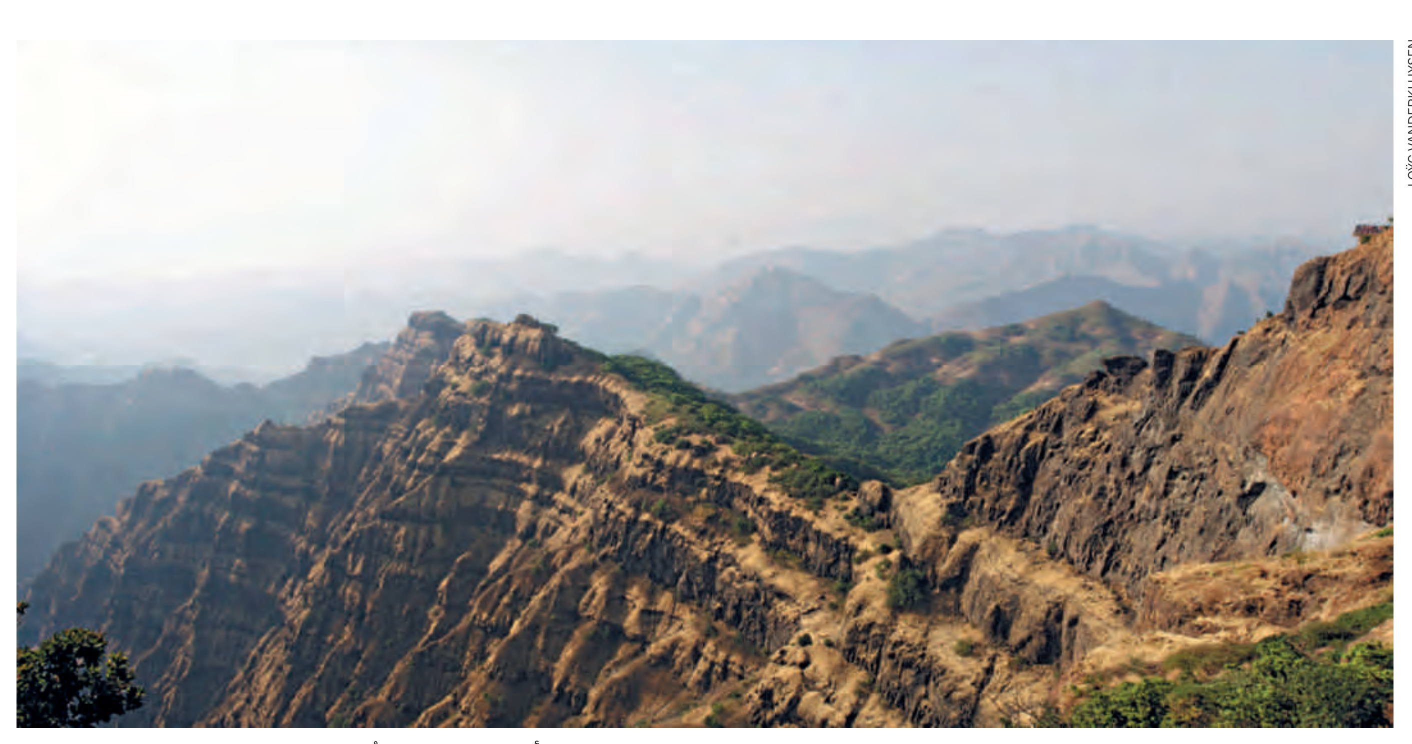
العمى تسلسل جزيئي يؤدي إلى موت الخلايا العصبية، التي تربط العين بالمخ في مرضى الزّرق **ص. 63**

علم البيئة قابلية المجتمعات البيئية للتأثر سلبيًّا بالاحترار العالمي قد تعتمد على فسيولوجيا الكائنات **ص. 64**

علم الأرض

الارتباط القاتل

تشير أدلة جديدة إلى أن الموجات الزلزالية الناتجة عن تصادم نيزك تشيكسولوب أدَّت إلى مضاعفة معدل اندلاع الحِمَم البركانية على الجانب الآخر من الكوكب، وهو ارتباط أدَّى إلى انقراض جماعي للديناصورات في نهاية العصر الطباشيري.



LOÏC VANDERKLUYSEN

الشكل 1 | مصاطب الديكان. هي نتيجة تدفق مهول من الحمم البركانية في غرب الهند في نهاية العصر الطباشيري، أنتج صخورًا متراكمة، تُعرف باسم مصاطب الديكان. ويرى رينيه وزملاؤه[1] أن تصادم نيزك تشيكسولوب قد تَسَبَّب في زيادة معدل التدفق أثناء ذلك النشاط البركاني، وأن ارتباط هذه الزيادة بتأثير التصادم ربما سَبَّبَ الانقراض الجماعي، الذي مَيَّزَ نهاية العصر الطباشيري.

روبرت دونكان

تمثِّل الأحداث التي واكبت نهاية العصر الطباشيري منذ 66 مليون سنة أكثر القصص تشويقًا في تاريخ كوكبنا. فهناك أدلة مقنعة على دور تصادم نيزك مدمر في تشيكسولوب (يوكاتان، المكسيك)، وثورات بركانية ضخمة في غرب الهند في الوقت نفسه، حيث يُعزى إلى كليهما الاختفاء المفاجئ للديناصورات، وكذلك معظم أنواع الكائنات الحية في ذلك الوقت. ظل النقاش محتدمًا لعدة عقود حول غلبة أي من الكارثتين في التسبب في التدمير السريع والمستدام للبيئة، الذي أدى إلى انقراض جماعي. والآن، اتضحت الصورة قليلًا، مع تقرير رينيه وزملائه[1] في دورية "ساينس" عن شواهد تُشير إلى أن التصادم والثوران البركاني ربما كانا مرتبطين ببعضهما.

تُمثل مصاطب الديكان (الشكل-1) تراكمًا هائلًا من الحمم البركانية المتصلبة، يبلغ حجمها أكثر من مليون كيلومتر مكعب[2]، حيث تكونت عندما تدفقت الحمم الناتجة عن ذوبان وشاح الأرض عبر القشرة الأرضية القارية غرب الهند. ويُعتبر هذا النشاط البركاني الأحدث بين عديد من الأقاليم الصخرية الكبيرة، التي يتزامن وجودها مع الانقراض الجماعي خلال السجل الجيولوجي[2]. ويُمثل عدم اليقين المصاحب لتحديد عمر الصخور الناتجة عائقًا أمام فهْم كيف أدَّى هذا النشاط البركاني الكارثي إلى الانقراض الجماعي.

تولدت الأفكار عن أسباب الانقراض الجماعي في نهاية العصر الطباشيري، من فكرة أن انقراض الأنواع حدث تدريجيًّا على مدى عدة ملايين من السنين، وهو ما يمكن تفسيره بعدة عوامل، مثل تغير المناخ، وهبوط مستوى سطح البحر، وظهور الثدييات التي تغذَّت على بيض الديناصورات. ورغم ذلك.. أظهرت الدراسات الدقيقة للسجل الرسوبي[3]، أن الانقراض الجماعي قد حدث فجأة، مما يجعل تصادم النيزك، والثورات البركانية الضخمة الآلِيّتين الوحيدتين القابلتين للتطبيق. وبسبب أن النشاط البركاني في الديكان قد بدأ قبل اصطدام نيزك تشيكسولوب بوقت كافٍ[4]، فإنه لا يمكن لشظايا النيزك أن تكون هي التي أدّت إلى ثورة البراكين، ولذلك.. فقد تم اعتبار أن التصادم والنشاط البركاني حدثان مستقلان متصادفان.

يقدِّم رينيه وزملاؤه تقديرات عالية الدقة لعمر القطاع

الرئيس لحمم الديكان البركانية (منطقة جاتس الغربية)، ومن ثم يثبتون أن اصطدام نيزك تشيكسولوب قد حدث في غضون 50 ألف سنة من التغير الجذري في معدل تدفق الحمم، وتركيب الصهارة البركانية. ولذلك.. يؤكد الباحثون أن الطاقة الناتجة عن اصطدام النيزك انتشرت بواسطة الموجات الزلزالية خلال سطح الأرض وحوله، مسبِّبة تغيرًا في "نظام ضخ" حمم الديكان؛ من أجل زيادة معدل التدفق. وأسهم ذلك بدوره في التدهور البيئي، من خلال إطلاق غازات معينة ـ مثل ثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت ـ إلى الغلاف الجوي.

تعقب النتائج الحالية نتائج دراسة حديثة مرتبطة، قام بها ريتشارد وزملاؤه[5]، حيث قَدَّروا طاقة الحركة الناتجة عن اصطدام نيزك تشيكسولوب بأنها تعادل الطاقة الناتجة عن زلزال ضخم بقوة تتراوح بين 9 و11 ريختر. وذكروا أيضًا أن طاقة الموجة الزلزالية التي تصل إلى منطقة الديكان ـ على بُعد 14 ألف كيلومتر من منطقة التصادم ـ كانت كافية لتثير الانبعاثات البركانية، من خلال زيادة نفاذ القشرة وتدفق الصهارة، ومن خلال التسبب في اضطراب أو الْتِحام غرف الحمم في القشرة الأرضية[6].

يتميز تصادم نيزك تشيكسولوب في السجل الجيولوجي بوجود تركيزات عالية من عنصر الإيريديوم النادر، والكوارتز المهشَّم في الرواسب البحرية، حيث يتكون الكوارتز المهشم نتيجة تعرُّض النوع العادي منه للتشوه الناتج عن ضغوط عالية تحت درجات حرارة منخفضة في موقع التصادم. ومن المُسلَّم به تزامن التصادم مع الانقراض الجماعي في نهاية العصر الطباشيري، بناء على هذه الشواهد[3] ـ المعروف رسميًّا بالحد الفاصل بين العصر الطباشيري، والعصر الثلاثي المبكر (KPB) ـ إلا أن البيانات الجديدة تضع الحد الفاصل بين العصر الطباشيري والعصر الثلاثي المبكر بدقة أكبر، وهذا خلال فترة تدفق حمم الديكان على وجه التحديد.

ربما أدَّى اصطدام نيزك تشيكسولوب منفردًا إلى التدهور البيئي الشديد والمفاجئ؛ الكافي ليسبب الانقراض الجماعي. وعلى النقيض من ذلك.. لا يوجد دليل على تصادم نيزكي في حالات الانقراض الجماعي الأخرى، لكن جميعها يتزامن مع وجود أقاليم بركانية كبيرة[2]. لذلك.. يبدو من المعقول أن نقبل بأن كلًّا من التصادم والنشاط البركاني الحادثين على جانبين متقابلين من الكوكب تقريبًا، أسهم في الانخفاض المفاجئ، وانقراض الأنواع بين العصر الطباشيري، والعصر الثلاثي المبكر.

ذكر ريتشارد وزملاؤه[5] أيضًا حدوث تغيير جوهري في حجم تدفق الحمم، ووتيرة الثورات البركانية، وتركيب الحمم، أثناء تكوين تتابع حمم الديكان، وذلك في الوقت نفسه لتصادم تشيكسولوب، وفي فترة الحد الفاصل بين العصر الطباشيري، والعصر الثلاثي المبكر تقريبًا، حيث تدفق أكثر من 70% من إجمالي حجم الحمم بعد هذا التغيير، وذلك في شكل تدفق حمم بركانية ضخمة (تصل إلى 10 آلاف كيلومتر مكعب) خلال فترة الـ500 ألف سنة التالية[7]، بالرغم من حدوث التدفق بوتيرة أقل من ذي قبل. فهل يعكس هذا التحول صغر سُمْك القشرة الأرضية القارية، كما هو موثق لغيرها من الأقاليم البركانية الكبيرة[8]؟ لاحظ ريتشارد وزملاؤه أن اتجاه السدود ـ الشقوق الرأسية والأفقية في الصخر التي سمحت للحمم أن تتخلل إلى السطح ـ قد تغيَّر من اتجاهات يتم تحديدها تبعًا لاتجاهات تمدُّد القشرة الأرضية، إلى اتجاهات موجهة عشوائيًّا أثناء التحول، بينما لا تُظْهِر كيمياء العناصر الثانوية الدالة على عمق الانصهار أيَّ تغير. وبالتالي، يشير كلا العاملَين إلى أن زيادة إنتاج الحمم لم تكن بسبب تمدد القشرة الأرضية، أو صغر سُمْكها.

ومقارنة رينيه وزملائه بين تصادم تشيكسولوب والتغيرات الموثقة في ديناميكية الثورات البركانية في إقليم الديكان تدعم آليّة معقولة لربط الحدث الأول بالثاني. وهذا الرابط لا يفسِّر بشكل كامل النظام الموسع للثورات البركانية الكبيرة بوتيرة أقل عقب التصادم، لكن الباحثين يعتقدون أن تغيرًا في حجم غرف الحمم وتوزيعها قد يكون من العوامل المتحكِّمة في ذلك. وفي النهاية، تسجل الفترة الزمنية الفاصلة بين العصر الطباشيري، والعصر الثلاثي المبكر استجابة بيئية معقدة لتأثيرين - تصادم نيزك، وثورات بركانية – مرتبطين بقوة الآن.

وربما تظهر تفاصيل أخرى عن السجل الزمني لثورات الديكان البركانية، من دراسات تفصيلية لسجلات الرسوبيات البحرية للمُدخلات البركانية، والانتعاش الحيوي. ■

روبرت دونكان يعمل في كلية علوم الأرض والمحيطات والغلاف الجوي بجامعة ولاية أوريجون، كورفاليس، أوريجون 97331، الولايات المتحدة الامريكية.
البريد الإلكتروني: rduncan@coas.oregonstate.edu

1. Renne, P. R. *et al. Science* **350,** 76–78 (2015).
2. Courtillot, V. E. & Renne, P. R. *C. R. Geosci.* **335,** 113–140 (2003).
3. Schulte, P. *et al. Science* **327,** 1214–1218 (2010).
4. Renne, P. R. *et al. Science* **339,** 684–687 (2013).
5. Richards, M. A. *et al. Geol. Soc. Am. Bull.* **127,** 1507–1520 (2015).
6. Manga, M. & Brodsky, E. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* **34,** 263–291 (2006).
7. Chenet, A.-L. *et al. J. Geophys. Res.* **114,** B06103 (2009).
8. Fram, M. S. & Lesher, C. E. *Nature* **363,** 712–715 (1993).

نظرة إلى الماضي

العاثيات.. قَرْنٌ مِن دروس مستفادة

بعد مضيّ مئة عام على ظهور أول وصف للفيروسات التي تصيب الخلايا البكتيرية، تستحق تلك العاثيات أن يُحتفى بها، لما قدمته ـ وما زالت تقدمه ـ من إسهامات في مجالات علم الأحياء، والتقنية الحيوية، والصحة.

فوريست روهوير، و**أنكا إم. سيجال**

قام عالِم الجراثيم فريدريك توورت[1] في عام 1915 بنشر أول تقرير حول الفيروسات التي تصيب البكتيريا وتتكاثر داخلها، مؤدية إلى قتلها. ومنذ ذلك الحين، شهد علم الأحياء تحولًا كبيرًا بفضل هذه الفيروسات المعروفة باسم "العاثيات البكتيرية"، أو باللغة الدارجة "العاثيات"، التي أتاحت النظم والأدوات التجريبية اللازمة لثورة القرن العشرين في مجال الأحياء الجزيئية. كما أتاح تطورها السريع الفرصة لاختبار المبادئ الأساسية لعلم البيئة والتطور. ومن ثم، نحن نعلم الآن أن العاثيات هي النظام البيولوجي الأكثر نجاحًا في العالم، إذ إنها أكثر وفرة، ومن الناحية الجينية.. هي الأكثر تنوعًا، من بين كل نظم الحياة. وعلى الرغم من أهميتها، لا تزال دراسة تلك الأنظمة المدهشة مساحة للاجتهاد. وهنا، نستعرض بإيجاز تاريخ دراسة العاثيات، على أمل أن يلهم ذلك جيلًا جديدًا من العلماء المختصين بها.

في أوائل القرن العشرين، كان أغلب العلماء المختصين بالعاثيات مهتمين باستخدام الفيروسات كعوامل مضادة للبكتيريا. وانتشرت التجارب العلمية غير المنضبطة في ذلك العصر، حيث تم حقن الناس بالعاثيات، وسُكبت الفيروسات في مياه الآبار، بدافع قتْل البكتيريا المسببة للأمراض، مثل الكوليرا. ومع اكتشاف ألكسندر فلمنج للمضادات الحيوية في عام 1928، تَرَاجَع هذا النوع من البحوث بشكل كبير، إلا أن مفهوم "العلاج بالعاثيات" قد عاد للظهور حاليًّا، إثر القلق الناشئ تجاه مقاومة المضادات الحيوية.

دخل علم العاثيات النطاق الكَمِّي حين قامت مجموعة من علماء الأحياء، والكيمياء الحيوية، والفيزياء ـ عُرفت باسم "مجموعة العاثيات" ـ باستخدام هذه الفيروسات كنماذج في الدراسات الرائدة التي يقومون بها حول كيفية عمل النظم الحياتية. وفي عام 1952، قام ألفريد هيرشي، ومارثا تشيس[2] بإجراء تجربة شهيرة، تم فيها استخلاص عاثيات موسومة شعاعيًّا، من خلايا بكتيرية باستخدام خلاط عالي السرعة؛ ما ساعد الباحثين في إثبات أن الحمض النووي هو المادة الجينية. أما اكتشاف الإنزيمات التي تشفِّرها العاثيات، وتُحْدِث تغيرات في الحمض النووي ـ مثل إنزيمات بوليميريز الحمض النووي، والحمض النووي الريبي، والليجيز، والنوكليز الداخلي والخارجي ـ فقد عَجَّل بتطور علم الأحياء الجزيئية وتطور صناعات التقنية الحيوية، وحاليًّا تُستخدم بروتينات العاثيات يوميًّا في جميع أنحاء العالم. كما أن إنزيمات القطع التي تحمي البكتيريا من العاثيات تُعتبر أيضًا أداة أخرى أساسية في أيدي علماء الأحياء الجزيئية. ويستمر هذا المنحى إلى يومنا هذا، كما هو واضح من خلال الثورة القائمة الآن في مجال التحرير الجيني ـ إثر اكتشاف تقنية كريسبر-كاس ـ الذي تستخدمه البكتيريا كوسيلة دفاع ضد العاثيات.

وعندما اكتُشفت الشفرة الوراثية في منتصف القرن العشرين، أصبح كشف تسلسل جينوم كامل أحد الأهداف البحثية الرئيسة. كانت العاثيات أهدافًا جذابة، بسبب صغر حجم الجينوم الخاص بها، وإمكانية صنع كميات كبيرة من الحمض النووي؛ من أجل كشف التسلسل، فقام فريدريك سانجر وزملاؤه[3] بوضع تسلسل جينوم العاثية "ΦX174" بالكامل في عام 1977، أي قبل عقود من إتمام تسلسل أي جينوم خلوي. ومع تراكم جينومات العاثيات الأخرى، أصبح واضحًا أن العاثيات تتبادل الجينات وقطاعات كبيرة من الحمض النووي بين أفرادها[4]. وقد أدَّى اكتشاف هذا الانتقال الجيني الأفقي إلى تغير فهْمنا لكيفية حدوث التباين الوراثي. وكانت العاثيات البحرية هي أول مَن خضع لعملية

"التسلسل القسري"؛ ما أدَّى إلى ظهور علم الجينوم البيئي، الذي يتمحور حول عملية كشف التسلسل الخاص بجميع أفراد مجتمع ما جماعيًّا[5].

إن فهم العاثيات قد أسهم في فهمنا الأساسي للخلايا المضيفة والمرض (الشكل 1). فعندما تندمج العاثية مع الجينوم البكتيري، يمكنها أن تغير خصائص البكتيريا المضيفة بشكل كبير؛ وتكتسب العديد من المُمْرِضات البكتيرية المميتة، مثل الأنواع *Vibrio cholerae* و*Shigella* و*Salmonella*، عوامل السمّية من خلال هذه الآلية. كما ساعدت دراسة العلم الحيوي المؤدي إلى تضاعف العاثيات في كشف عدة عوامل مهمة في المضيف وضرورية لاستمرار دورة حياة العاثية، مثل إنزيم جيريز الحمض النووي[6]، ومركبات البروتين المُرافِق[7] GroEL وGroES.

وفي عام 1971، حين أُعلنت "الحرب على السرطان" من قِبَل الرئيس الأمريكي الأسبق ريتشارد نيكسون، تم التعاقد مع علماء الأحياء المختصين بالعاثيات؛ للقيام بأبحاث متعلقة بعلم الأحياء البشري. وبناءً على ما كان معلومًا حينها بأن العاثيات تشفر بعض البروتينات المماثلة لبروتينات المضيف، بدأ هؤلاء العلماء بفحص الجينوم البشري، بحثًا عن جينات مطابِقة لبروتينات فيروسات أخرى. وقد وجدوا تلك الجينات بالفعل، بل وتوصلوا أيضًا إلى فكرة وجود "جينات بدئية مسببة للسرطان" في الجينوم الخاص بنا، تتحول ـ حين تطفر ـ الى عامل أساسي لتطور المرض.

انتقل علماء آخرون من المختصين بالعاثيات للعمل في مجال دراسة عمليات تطفير وإصلاح وإعادة تركيب الحمض النووي؛ ما رَسَّخ أسس فهْمنا لمرض السرطان اليوم. على سبيل المثال.. قاد فهْمنا[8] لفكرة أن الطفرات الموجودة من قبل يمكن أن تمنح الخلايا الفردية مزايا تساعدها على النمو تحت ظروف بيئية مختلفة إلى استنتاج أن الخلايا السرطانية تحتوي في الأصل على عشرات الطفرات، قد تكون ـ أو لا تكون ـ مرتبطة بالورم نفسه[9].

ومع ظهور وباء فيروس نقص المناعة البشرية، فتح أولئك العلماء الباب لفهْمنا لكيفية قيام الفيروسات القهقرية بالاندماج في الجينوم البشري، وأيٍّ من بروتينات المضيف تسهم في ذلك[10].

ونتيجة لذلك.. سَبَّب انتقال هؤلاء العلماء إلى مجالات بحثية أخرى انخفاضًا حادًّا في البحوث المتعلقة بالعاثيات، بدءًا من السبعينات.

«عندما تندمج العاثية مع الجينوم البكتيري، يمكنها أن تغيِّر خصائص البكتيريا المضيفة بشكل كبير».

فإذا كانت العاثيات تربة خصبة بالنسبة إلى علماء الأحياء، إذًا لِمَ لا يعيرها الكثير من الباحثين سوى القليل من الاهتمام؟ قد يعود السبب في ذلك إلى ثقل الأبحاث المنشورة، وامتلائها بالاختصارات والتسميات المتغيرة، كما يحدث كثيرًا في المجالات شديدة القِدَم. ولمواجهة ذلك.. نقدم هنا بعض المبادئ التوجيهية المتعلقة بهذه الفيروسات.

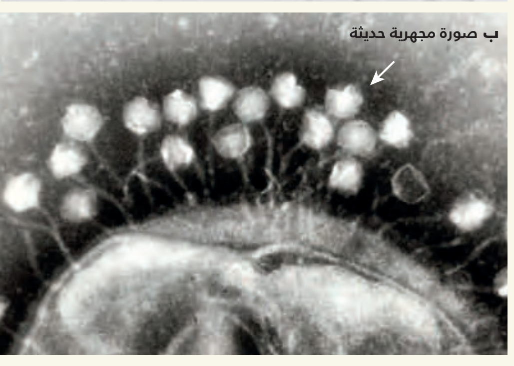
النقطة الأساسية الأولى هي أن العاثيات تسهم في التنوع الحيوي؛ إذ إن هناك أكثر من 10^{31} جزيئًا من العاثيات على سطح الكوكب، وما يقرب من 10 جزيئات لكل خلية بكتيرية[11]. والفرق الوراثي الأساسي بين الأفراد في البشر يكمن في العاثيات الموجودة في أمعائهم[12]. ومن بين أدوار هذه الفيروسات أنها تشكل جهازًا مناعيًّا قادرًا على التكيف، يَستخدم بروتينات كثيرة التحول، تشبه بروتينات الدم المناعية المستخدمة من قِبَل الأجسام المضادة[13].

النقطة الثانية هي أن العاثيات تحمل الجينات التي تشفر البروتينات التي تغير الفسيولوجيا الأساسية الخاصة بالمضيف، مثل عمليات الأيض، ومقاومة المضادات الحيوية. وأحد الأمثلة المذهلة على ذلك هو ما يحدث أثناء عملية التخليق الضوئي في البكتيريا الخضراء المزرقة[14]، إذ إن مكونات مركبات المجس المُجَمِّع للضوء التي تنتجها هذه البكتيريا معرَّضة للتغير بشدة والاضمحلال إثر إصابتها بالعاثية، إلا أنه يمكن للعاثيات أيضًا أن تكون محملة بجينات مشفرة لاستبدال البروتينات التالفة؛ ما يتيح للبكتيريا الاستمرار في إنتاج كتلتها الحيوية، ويتيح للعاثيات التناسل بكميات أكبر. وهكذا، تسهم العاثيات البحرية في دوران الكربون، وإعادة إنتاجه في المحيطات، عن طريق زيادة كفاءة عمليات التخليق الضوئي، ونتاجه.

النقطة الثالثة المهمة هي أن المساحة البيئية للخلية البكتيرية تُحدد من قبل عاثياتها. وتنبثق الاختلافات الجينية الرئيسة بين أنواع البكتيريا المرتبطة ببعضها بشكل كبير من اتحاد العاثيات (طليعة العاثية)، والخصائص الجينية - بدايةً من الطفرات الجينية القصيرة، حتى التعديلات الكبيرة - التي تساعد على الحماية من الإصابة بالعاثيات. هذا الضغط الانتقائي غير النهائي الذي تتعرض له البكتيريا من قِبل العاثيات الخاصة بها هو أفضل مثال حي لفرضية "الملكة الحمراء"، التي تنص على أن أنواع الفريسة والمفترس يجب أن تستمر في التطور.

إذًا، كيف سيكون مستقبل العاثيات؟ تُعتبر هذه الفيروسات سهلة التصنيع إلى حد ما، وتتمتع جيناتها بخصائص جزيئة تجعلها جذابة لعلماء الأحياء التخليقية لتصنيع الوظائف الحيوية. والآن، بعد مرور مئة عام على اكتشافهم، نعتقد أنه قد حان الوقت لعلماء الأحياء بأن يُنَحُّوا جانبًا طرق عملهم التي تتمحور حول الخلية، وأن يتبنُّوا العاثيات على نطاق واسع. ■

أ الصورة المجهرية الأولى





الشكل 1 | عاثية بكتيرية نشطة. وُصفت الفيروسات التي تصيب البكتيريا لأول مرة[1] في عام 1915، لكن لم تُنشر[15] أول صورة مجهرية إلكترونية للعاثية البكتيرية (**أ**) التي تصيب البكتيريا (مشار إليها بالسهم) قبل عام 1940. وقد ساعدت هذه الصور المبكرة على تأكيد أن الآثار المنسوبة للعاثيات قد سبّبتها تلك الفيروسات بالفعل، وليس النشاط الإنزيمي. وقد أنتج المجهر الإلكتروني الحديث (**ب**، **ج**) صورًا لعاثيات تكشف عن تفاصيل هيكل العاثية، وطرق نقل العدوى (انظر، على سبيل المثال، المرجع 16).

فوريست روهوير، و**أنكا إم. سيجال** يعملان في معهد المعلومات الفيروسية، قسم الأحياء، جامعة ولاية سان دييجو، سان دييجو، كاليفورنيا 92182، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: frohwer@gmail.com,
asegall@mail.sdsu.edu

1. Twort, F. W. *Lancet* **186,** 1241–1243 (1915).
2. Hershey, A. D. & Chase, M. *J. Gen. Physiol.* **36,** 39–56 (1952).
3. Sanger, F. *et al. J. Mol. Biol.* **125,** 225–246 (1978).
4. Hendrix, R. W., Lawrence, J. G., Hatfull, G. F. & Casjens, S. *Trends Microbiol.* **8,** 504–508 (2000).
5. Breitbart, M. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **99,** 14250–14255 (2002).
6. Nash, H. A. *Annu. Rev. Genet.* **15,** 143–167 (1981).
7. Georgopoulos, C. *Genetics* **174,** 1699–1707 (2006).
8. Luria, S. E. & Delbrück, M. *Genetics* **28,** 491–511 (1943).
9. Vogelstein, B. *et al. Science* **339,** 1546–1558 (2013).
10. Craigie, R. & Bushman, F. D. *Cold Spring Harb. Perspect. Med.* **2,** a006890 (2012).
11. Wommack, K. E. & Colwell, R. R. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **64,** 69–114 (2000).
12. Reyes, A. *et al. Nature* **466,** 334–338 (2010).
13. Barr, J. J. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **110,** 10771–10776 (2013).
14. Sharon, I. N. *et al. ISME J.* **5,** 1178–1190 (2011).
15. Ruska, H. *Naturwissenschaften* **28,** 45–46 (1940).
16. Hu, B., Margolin, W., Molineux, I. J. & Liu, J. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **112,** E4919–E4928 (2015).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تقنيات التصوير الطبي

بُعد إضافي يتاح لتحليل العظام

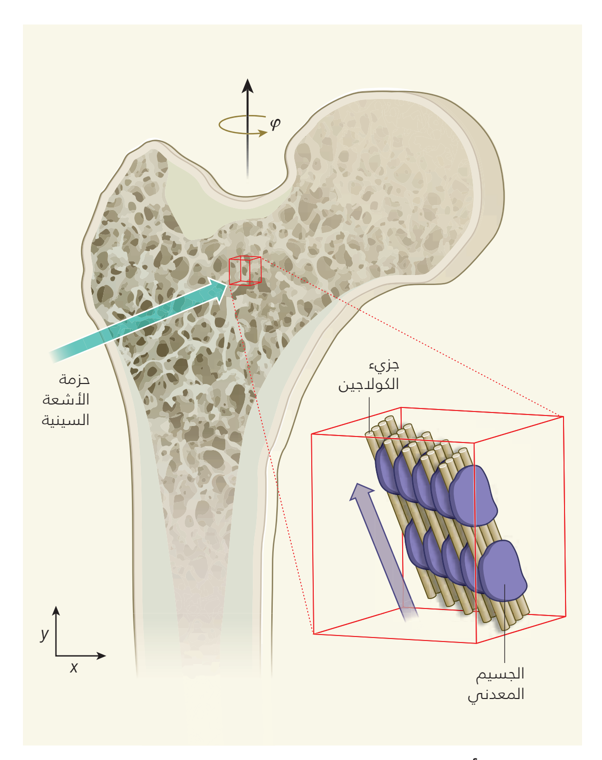
إن الجمع بين تقنيتين - وهما التصوير المقطعي الحاسوبي، والتصوير بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة - إضافة إلى وجود قدرة حاسوبية كبيرة، جعل من الممكن تحليل أنسجة العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد على مقاييس متعددة.

بيتر فراتزل

في عدد 19 نوفمبر من دورية *Nature* الدولية، نُشرت ورقتان علميتان (بواسطة ليبي وآخرين[1]، وشاف وآخرين[2])، عُرضت من خلالهما أساليب مختلفة لإظهار تركيب العظام والأسنان بشكل ثلاثي الأبعاد، على كل من المقياس العيني (الذي يُرى بالعين المجردة)، والمقياس النانو متري. وتُستمد تلك الأساليب من التصوير المقطعي الحاسوبي، وهو يُعتبر تقنية تصوير طبي، لها أساس علمي راسخ، يمكنها أن تنتج صورًا ثلاثية الأبعاد للعظام، ولكنها تحدد قيمة معامل قياسي واحد، مثل كثافة المعادن لكل فوكسل (بكسل ثلاثي الأبعاد) من الصورة. أما باستخدام التقنيات الجديدة، فإن كل فوكسل أصبح يحتوي على معلومات عن اتجاه وحجم جسيمات المعادن في عيِّنة العظام، أو السن. ويتم تحديد قوة العظام عن طريق معرفة تركيبها في جميع المقاييس، وبالتحديد عن طريق معرفة التباين الموضعي في حجم، وكمية، واتجاه جسيمات المعادن في العظام[3]؛ حيث إن صفائح المعادن التي تتكون من فوسفات الكالسيوم يبلغ سُمكها بضعة نانومترات فحسب، ونجدها مُتضمَّنة في مصفوفة من جزيئات الكولاجين (الشكل-1). وبالنظر إلى أن نسيج العظام يعاد تشكيله وتهيئته باستمرار، فإن اتجاه ألياف الكولاجين المعدنية يتغير بطرق معقدة في جميع أنحاء النسيج[4].

ورغم أن الفحص المجهري الإلكتروني النافذ يتيح دقة تصوير كافية لإظهار جسيمات المعادن، إلا أنه لا يسمح برسم خرائط للجسيمات عبر مسافة ملِّيمترات من المقاطع العظمية الكاملة. ولهذا السبب.. تُستخدم تقنية تُدعى تَبَعْثُر الأشعة السينية بزاوية صغيرة (SAXS)، كطريقة للمسح الطبي منذ التسعينات، بغرض دراسة العظام المأخوذة من العينات الحية للمرضى والحيوانات[5,6]. وفي هذه الطريقة يتم تحريك عينة العظام في بُعدين (محدَّدين بالمحورين *x* و*y* في الشكل-1) عبر حزمة ضيقة من الأشعة السينية، وفي كل موضع من ذلك المسح، يتم تجميع نمط تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة. وتلك الطريقة تتيح لنا إظهار مقياسين مختلفين في الوقت نفسه، هما: التركيب، وبخاصة اتجاه ألياف الكولاجين المعدنية لكل وحدة بكسل من المسح، إضافة إلى التغير في اتجاه الألياف عبر العينة العينية.

وعند استخدام جهاز كاشف للأشعة السينية ثنائي الأبعاد، كما حدث في بداية تطبيق تقنية المسح بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، فإن ذلك من شأنه أن يوفر معلومات فعَّالة رباعية الأبعاد، تتمثل في: خريطة عينية ثنائية الأبعاد لنسيج العظام، إضافة إلى معلومات ثنائية الأبعاد عن تركيب ألياف الكولاجين المعدنية لكل بكسل



الشكل 1 | مبدأ عمل التصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة (SAXS). تم الإعلان من خلال ورقتين علميتين[1,2] عن طرق للتصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، وهي تقنية تتيح تحليل تركيب العظام والأسنان على نحو مقياسي متعدد. وفي هذا الشكل يتم إجراء مسح لعينة من العظام، باستخدام حزمة ضيقة من الأشعة السينية في اتجاه محوري *x* و*y*، لزوايا دوران φ متعددة حول محور معين عبر العينة. وتتيح تلك المسوح خرائط ثنائية الأبعاد، حيث يتم جمعها مع بعضها لتنتج نموذجًا ثلاثي الأبعاد معاد بناؤه لتركيب العظام. وعلى عكس الطرق التقليدية لتصوير العظام، توفر تقنية التصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة خريطة عينية ثلاثية الأبعاد للعينة، بالإضافة إلى معلومات ثلاثية الأبعاد على المستوى النانوي للجسيمات المعدنية المُتضمَّنة في جزيئات الكولاجين بالعظام (مثل الاتجاه السائد لاصطفافها، والموضح بالسهم الأرجواني اللون في الشكل).

من الخريطة[7]. ومن اليسير أن يتم توسيع المسح ليصبح خماسي الأبعاد، عن طريق تدوير مقطع العظام حول محور، وذلك من أجل تجميع معلومات ثلاثية الأبعاد عن ألياف الكولاجين المعدنية لكل وحدة فوكسل، بينما يتم الإبقاء على المسح ثنائي الأبعاد[8].

ومن المستحسَن توسيع المسح إلى ستة أبعاد، عن طريق تفعيل التخطيط العيني ثلاثي الأبعاد للعينة، لكن إعادة بناء البيانات سداسية الأبعاد يُعد تحديًا رقميًّا هائلًا، ويمكن حله فقط عن طريق استخدام تقديرات تقريبية معينة، فضلًا عن الحاجة إلى قدرة حاسوبية ضخمة، حيث إنه في تقنية التصوير المقطعي الحاسوبي التقليدية تتم إعادة بناء الأحجام من الصور ثنائية الأبعاد المأخوذة في المستوى x-y للعديد من زوايا الدوران φ حول محور معروف (الشكل-1)، بينما في تقنية التصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، ينبغي تجميع بيانات ثنائية الأبعاد لتبعثر الأشعة عند كل موقع من المستوى x-y، وذلك للعديد من زوايا الدوران، وليس حول محور دوران واحد فحسب، بل حول العديد من المحاور؛ مما ينتج كمًّا هائلًا من القياسات التي تتطلب بدورها جهودًا حاسوبية ضخمة.

ولجَعْل تلك الجهود قابلة للإدارة، فإن ليبي وزملاءه استغلوا تماثلات معينة في ألياف الكولاجين المعدنية في العظام. وبشكل أكثر تحديدًا، فإنهم يفترضون أن ترتيبات جسيمات المعادن متماثلة دورانيًّا ـ أي أنها تبدو بالشكل نفسه بعد مقدار معين من الدوران ـ وذلك حول الاتجاه الذي تصطف شطره جزيئات الكولاجين في كل وحدة من ألياف الكولاجين. وهذا التماثل يفرض قيودًا على أنماط تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، مما يساعد في إعادة بناء الصور ثلاثية الأبعاد باستخدام عملية تُدعى أحيانًا "مُوَتِّر التصوير المقطعي".

أما طريقة شاف وزملائه، فتقوم على فرضية أن الإشارات الناتجة عن تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة تختلف ببطء مع تغيُّر زاوية الدوران. وهذا يعني الحاجة إلى زوايا دوران أقل أثناء جمع البيانات، لأن قيم البيانات الموجودة بين زوايا الدوران يمكن استقراؤها داخليًّا، حيث استخدم الباحثون تقنيتهم لدراسة العاج في الجزء الداخلي لسن. وقد نجحت التقنيتان[1,2] في إنتاج صور ثلاثية الأبعاد لعينات عينية، وفي كل منها تحتوي وحدة الفوكسل الواحدة على سهم يمثل الاتجاه السائد لألياف الكولاجين المعدنية في هذا الفوكسل.

كما توجد محاولة سابقة[9] لتطوير مسح ثلاثي الأبعاد باستخدام التصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، حيث تم تصميمها خصيصًا للمواد التي يكون التماثل الدوراني لتركيبها حول محور واحد، مثل المواد المركبة المكوَّنة من ألياف متوازية. وهذه الطريقة تشبه الطريقة الخاصة بليبي وزملائه، ولكنها تقوم على فرضية أن كل الألياف تشير إلى الاتجاه نفسه في جميع أنحاء العينة، وهو الأمر الذي لا يُعَدّ صحيحًا في حالة العظام. هناك أيضًا طريقة[10] جديدة، تم الإعلان عنها، تطبِّق المسح التقليدي باستخدام تقنية تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة على سلسلة متتالية من مقاطع العظام الرقيقة المُقطعة من كتلة واحدة. وبتجميع سلسلة بيانات المسح الناتجة من تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة، يمكن إعادة بناء صورة كاملة ثلاثية الأبعاد. أما العيب الواضح لتلك التقنية بالمقارنة بالتقنيات الجديدة المعلن عنها، فهو أن عينة العظام يتم إتلافها.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تمكَّن كل من ليبي وشاف وزملائهما من جمع أكثر من مليون نمط ناتج من تبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة لإعادة بناء النماذج، بما يعادل ملايين من وحدات تيرابايات من البيانات، وهو قدر هائل بالفعل. إن تسجيل تلك البيانات باستخدام مصدر للأشعة السينية الناتجة عن مسرِّع إلكتروني تزامني (سنكرترون) قد استغرق يومًا كاملًا، أما الحسابات المطلوبة لمسح صورة مقطعية واحدة، فقد استغرقت عدة أيام لإجرائها. وهذا الكم المهول من البيانات يمكن السيطرة عليه، طالما أنه إثبات لمبدأ عمل تلك التقنيات فحسب، ولكنه سيشكل عائقًا عند إجراء الدراسات الإكلينيكية التي ستتطلب العديد من الصور المقطعية.

ومع ذلك.. فإن قابلية هذه التقنيات للتطبيق قد تمت برهنتها بالفعل. ومع التقدم المتوقع في تطوير مصادر الأشعة السينية، وأجهزة الكشف، والقدرات الحاسوبية، يمكن للمرء أن يتوقع أن تصبح تقنية التصوير المقطعي بتبعثر الأشعة السينية بزاوية صغيرة أداة مهمة لتحليل العظام، وعاج الأسنان، والأنسجة المعدنية الأخرى في الدراسات الحيوية والطبية. ■

بيتر فراتزل من قسم المواد الحيوية بمعهد ماكس بلانك للمواد الغروية والأسطح البينية، مدينة بوتسدام 14424، ألمانيا.
البريد الإلكتروني: fratzl@mpikg.mpg.de

1. Liebi, M. et al. Nature 527, 349–352 (2015).
2. Schaff, F. et al. Nature 527, 353–356 (2015).
3. Weiner, S. & Wagner, H. D. Annu. Rev. Mater. Sci. 28, 271–298 (1998).
4. Fratzl, P. & Weinkamer, R. Prog. Mater. Sci. 52, 1263–1334 (2007).
5. Fratzl, P., Jakob, H. F., Rinnerthaler, S., Roschger, P. & Klaushofer, K. J. Appl. Cryst. 30, 765–769 (1997).
6. Rinnerthaler, S. et al. Calcif. Tissue Int. 64, 422–429 (1999).
7. Pabisch, S., Wagermaier, W., Zander, T., Li, C. & Fratzl, P. Meth. Enzymol. 532, 391–413 (2013).
8. Jaschouz, D., Paris, O., Roschger, P., Hwang, H.-S. & Fratzl, P. J. Appl. Cryst. 36, 494–498 (2003).
9. Stribeck, N. et al. Macromolecules 41, 7637–7647 (2008).
10. Georgiadis, M. et al. Bone 71, 42–52 (2015).

تقنيات التصوير الطبي

موجـات فوق صوتيـة فائقـة الدقـة

من خلال حقن الأوعية الدموية بفقاعات مجهرية مملوءة بالغاز، وباستخدام تصوير سريع بالموجات فوق الصوتية لتحديد مواقع الفقاعات، تمكَّن باحثون من تصوير منظومة كاملة من الأوعية الدموية في دماغ جرذ بدقة فائقة.

بِن كوكس، وبول بيرد

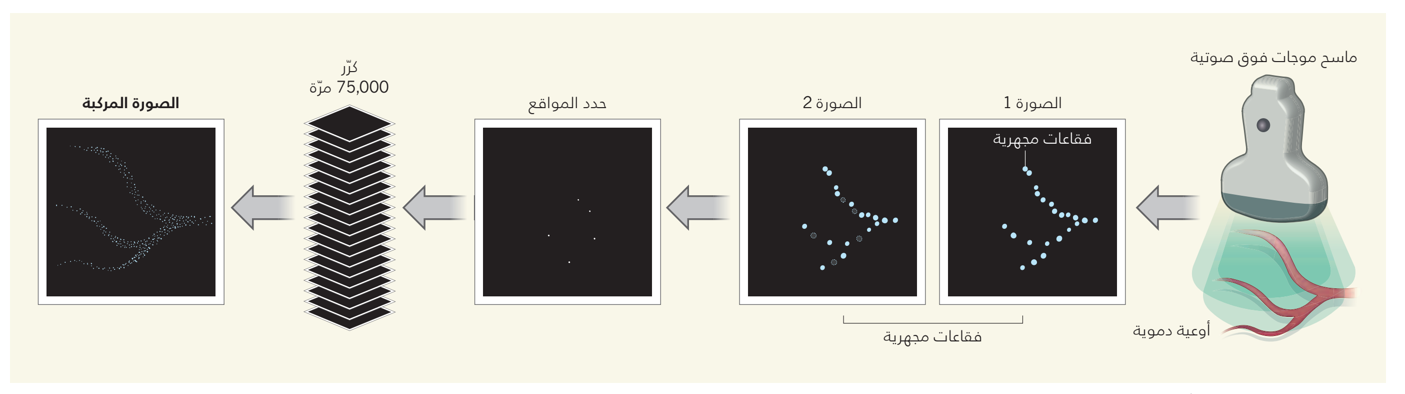
تُستخدم تقنية التصوير بالموجات فوق الصوتية في المستشفيات في جميع أنحاء العالم، بوصفها طريقة آمنة غير باضعة، ومنخفضة التكلفة نسبيًّا، تُمكِّن من رؤية الأنسجة الداخلية للمرضى في الزمن الحقيقي. وقد استمرت جودة التصوير بالموجات فوق الصوتية في التحسن منذ السبعينات، وذلك بفضل تطور الأجهزة وخوارزميات تشكيل الصور، لكن على غرار جميع تقنيات التصوير القائم على الموجات، فإن التصوير بالموجات فوق الصوتية قدراته محدودة، وذلك بسبب طريقة انتشار الموجات (أو انعطافها) أثناء التنقل، إذ لا يمكن التمييز بين جسمين، إلا إذا كانت المسافة بينهما أكبر من نصف طول الموجة، لكنَّ إرِّيكو وزملاءه[1] تمكنوا من التغلب على ذلك؛ بغية تكوين صور فائقة الدقة للأوعية الدموية الدقيقة في دماغ جرذ حيّ.

فإذا كانت حدود دقة التصوير بالموجات فوق الصوتية ترتبط بالطول الموجي، فلماذا لا نستخدم موجات صوتية أقصر فقط؟ وبرغم أن ذلك سيكون مفيدًا إلى حد ما، إلا أن امتصاص الموجات فوق الصوتية يزداد كثيرًا مع قصر طولها؛ وبذلك فإن استخدام أطوال موجات أقصر يحدّ من العمق الممكن تصويره في النسيج، قبل أن تضعف الموجات المرتدة بشكل كبير إلى حد لا يمكن رصده. لذا.. فإن دقة التصوير الطبي بالموجات فوق الصوتية ـ في أفضل الأحوال ـ هي في حدود مئات الميكرومترات. ومن ثم، لالتقاط صور مفيدة تُظهِر عمق الأنسجة، يجب تجاوز حد نصف طول الموجة.

إن حدود الدقة تلك موجودة كذلك في المجهر الضوئي، إلا أن تطوير عدة تقنيات فائقة الدقة ـ كالفحص المجهري المتموضع المنشَّط ضوئيًّا (photoactivated localization microscopy "PALM") مثلًا ـ قد مكَّن الباحثين من الوصول إلى دقة بمقياس نانوي، وهي القفزة العلمية التي مُنحت على إثرها جائزة "نوبل" للكيمياء في عام 2014.

تحقِّق تقنية "PALM" التصوير فائق الدقة من خلال ثلاث خطوات: الخطوة الأولى هي تصوير جزيئات فلورية منشطة ضوئيًّا، تظهر كنقاط ضوئية صغيرة موزّعة بشكل عشوائي. ويتضمن استخدام كثافات ضوئية ضعيفة، إضافة إلى كون تنشيط الجزيئات عشوائيًّا في الأساس، أنه في أي لحظة معينة تُضاء فقط مجموعة جزيئية متناثرة. وهكذا، تكون منابع الضوء النقطية تلك متباعدة عن بعضها البعض بأكثر من نصف طول الموجة، فلا تتراكب صورة كل منها مع صور المنابع المجاورة (تلك الصور هي بمثابة رقعة ضبابية تُسمى "دالة انتشار النقطة" point spread function).

أما الخطوة الثانية، فهي التحديد الدقيق لموقع كل منبع نقطي، من خلال تحديد مركز دالة انتشار النقطة؛ وهو أمر ممكن في حالة المنابع المتباعدة عن بعضها بشكل كبير، إذ إن شكل دالة انتشار النقطة يمكن أن يُعرف سلفًا. والخطوة الثالثة والأخيرة هي تكرار لخطوتي الإضاءة وتحديد مواقع المنابع عدة مرات؛ في كل مرة



الشكل 1 | رؤية الأوعية. تمكَّن إرِّيكو وزملاؤه[1] من الحصول على صور بالموجات فوق الصوتية لأوعية دموية خاصة بجرذ، حُقنت بفقاعات مجهرية مليئة بغاز يعكس الموجات فوق الصوتية. وبالتقاط الصور بسرعة (500 إطار في كل الثانية)، وتوليد بيانات تفاضلية من أجل مقارنة الصور المتعاقبة، تمكَّنوا من تحديد مواضع الفقاعات المجهرية القليلة المتباعدة بشكلٍ جيد، التي تلاشت بعد كل صورة (تم إظهار عدد صغير فقط من الفقاعات المجهرية هنا بغرض التبسيط، وهي ليست بمقياسها الحقيقي). وبتكرار هذه العملية على كثير من الأطر، تم تركيب صورة جامعة كشفت عن مواضع آلاف الفقاعات المجهرية، ما جعل الحصول على صور فائقة الدقة أمرًا ممكنًا في خلال ما يقرب من 150 ثانية.

يُكشف عن مجموعة مختلفة من المنابع المتباعدة، حتى تتحقق كثافة كافية من المنابع النقطية. وبوضع علامات لمواقع جميع تلك المنابع في صورة واحدة جامعة، يمكن تكوين صورة فائقة الدقة؛ قد تتجاوز الدقة المكانية فيها حد انحراف الموجات، إذ تحددها الدقة التي يقدّر بها موقع كل منبع.

هل يمكن إذًا استخدام نهج مشابه لتحقيق تصوير فائق الدقة بالموجات فوق الصوتية؟ يتمثل التحدي الأول لذلك في تحديد منابع النقاط المحتملة (أو مصادر تشتيت النقاط، في حالة الموجات فوق الصوتية). فنظرًا إلى عدم قدرة الأوعية الدموية الصغيرة على عكس الموجات الصوتية بشكل فعال، تصعب رؤيتها بتلك الموجات، ودائمًا ما كانت تُستخدم الفقاعات المجهرية المملوءة بالغاز، التي تعكس الموجات الصوتية بشكل جيد، بصفتها عوامل تباين، تحسِّن من رؤية الأوعية. فالفقاعات المجهرية تشتت الموجات الصوتية بقوة، ومن ثم فإنها تُعتبر منابع محتملة، لكن كي تكون مفيدة في هذا السياق، يجب أن تكون هناك طريقة ما لتحديد كل منها على حدة في صور الموجات فوق الصوتية.

في عام 2013، توصَّل الباحثون إلى تصوير فائق الدقة بالموجات فوق الصوتية باستخدام محلول من الفقاعات المجهرية، مخفف بقدر كاف لتحقيق التباعد المطلوب[2]. وفي أوائل العام الماضي، استَخدمت المجموعة نفسها هذا النهج للحصول على صور فائقة الدقة للأوعية الدموية الدقيقة الموجودة في أذن فأر، بعمق تخطَّى سنتيمترًا واحدًا[3]. كما تعقبت المجموعة أيضًا الفقاعات المجهرية تلك، بغية تقدير سرعة تدفق الدم تقريبيًّا، إلا أن منظومتهم حصلت على تلك الصور بمعدل منخفض ـ 25 إطارًا في كل ثانية ـ ما يعني أنهم يحتاجون إلى مُدَد تصوير تبلغ الساعة؛ من أجل التوصل إلى دقة فائقة، لكن إرِّيكو وزملاءه اتبعوا نهجًا مختلفًا، استغنوا فيه عن الحاجة إلى محلول الفقاعات المجهرية المخفف. فباستخدام نظام تصوير سريع (بمعدل 500 إطار في كل الثانية)، تمكَّنوا من رصد الموجات المتناثرة من الفقاعات المجهرية الفردية بمقارنة الصور المتعاقبة. ويمكن للإشارات المنبعثة من الفقاعات التي تفككت أو تحركت بشكل ملحوظ خلال الوقت الفاصل بين ظهور الأطر أن تُرى في البيانات. وإن ظلّت تلك التغيرات شحيحة بما يكفي لأنْ تظل منفصلة مكانيًّا عن بعضها البعض، فإنه يمكن تحديد مواضع وسرعات تلك الفقاعات بدقة[5,4] (الشكل 1). وقد قارن المؤلفون 75 ألف صورة التقطت خلال 150 ثانية لتكوين صورة فائقة الدقة للأوعية الدموية في قشرة دماغ جرذان، لها جماجم سليمة، وأخرى جرى ترقيق جماجمها؛ للحدّ من قدر إضعاف الموجات الصوتية.

إذًا، هل يمكن تطبيق تلك التقنية في النطاق الطبي؟ عند أطوال الموجات فوق الصوتية التي استخدمها إرِّيكو وزملاؤه، سيكون أمر التغلب على عملية إضعاف الموجات التي تحدثها الجمجمة البشرية السميكة بمثابة تحدٍّ كبير. يشير المؤلفون إلى أنه يمكن التغلب على هذه المشكلة باستخدام موجات أطول، إذ إن عملية إضعاف تلك الموجات أقل شدّة. أما تصوير الأهداف الأقل تحديًا، التي لا تتطلب مرور الموجات فوق الصوتية عبر عظام سميكة، من المفترض أن يكون سهل التحقيق. وعلى الجانب الآخر، مقارنة بالتصوير المألوف بالموجات فوق الصوتية، أحد عيوب النهج الجديد هو أنه يحتاج إلى حقن عامل تباين، ما يتطلب قُنَيّة حقن وريدي، ويمكن أن يزيد من زمن عملية التصوير الطبي.

إن التصوير فائق الدقة بالموجات فوق الصوتية للأوعية الدموية الدقيقة من الأمور المرتقبة المثيرة للاهتمام. فهذه التقنية تحمل في طياتها إمكانيات هائلة لتطوير دراسة وظائف الأوعية الدموية الطبيعية، وكذلك الأمراض. وقد تُمكِّن الأطباء من تحديد الاضطرابات المتعلقة بالأوعية الدموية الدقيقة بسهولة، مثل نمو الأوعية المرتبط بالأورام وشذوذ الأوعية الدقيقة في عمق الأعضاء الداخلية، مثل الكليتين، كما قد تُمَكِّنهم من تقييم أمراض الأوعية القلبية. ■

بِن كوكس، و**بول بيرد** يعملان في قسم الفيزياء الطبية والهندسة الحيوية الطبية، كلية لندن الجامعية، لندن WC1E 6BT، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: b.cox@ucl.ac.uk

1. Errico, C. *et al. Nature* **527,** 499–502 (2015).
2. Viessmann, O. M., Eckersley, R. J., Christensen-Jeffries, K., Tang, M. X. & Dunsby, C. *Phys. Med. Biol.* **58,** 6447–6458 (2013).
3. Christensen-Jeffries, K., Browning, R. J., Tang, M. X., Dunsby, C. & Eckersley, R. J. *IEEE Trans. Med. Imag.* **34,** 433–440 (2015).
4. Couture, O., Besson, B., Montaldo, G., Fink, M. & Tanter, M. *Proc. IEEE Int. Ultrasonics Symp.* 1285–1287 (2011).
5. Desailly, Y., Couture, O., Fink, M. & Tanter, M. *Appl. Phys. Lett.* **103,** 174107 (2013).

السرطان

عدُوّ عدوي صديقي

تُعتبر أنواع الأكسجين التفاعلي من الجزيئات المسبِّبة للإجهاد، والمحفِّزة لنشوء مرض السرطان.. لكن تُشير أدلة جديدة إلى أن هذا الإجهاد التأكسدي قد يمنع انتشار السرطان في أماكن أخرى.

إسحاق إس. هاريس، وجوان إس. بروج

يعتبر دور أنواع الأكسجين التفاعلي والجزيئات المضادة للأكسدة التي تزيل سميته من الأمور المثيرة للجدل في مجال أبحاث السرطان، لقدرتهما الثنائية على تحفيز أو قمع تطور الورم في مناطق أخرى[1,2]. يسلط بيسكونوفا وزملاؤه[3] الضوء على هذا الموضوع، ويظهر أن الانتشار الفعال للخلايا الصبغية المُسَرطَنة في مناطق بعيدة في الجسم يعتمد على قدرتها على التغلب على الإجهاد الخلوي الناجم عن أنواع الأكسجين التفاعلي (ROS) الذي تقابله الخلايا أثناء سيرها في مجرى الدم، وقدرتها على إنشاء أورام جديدة. كما يُظهِر المؤلفون أن تثبيط هذه المسارات الأيضية في الفئران يضعِف بشكل فعال تنقل أورام سرطان الخلايا الصبغية.

إن جزيئات أنواع الأكسجين التفاعلي التي تحتوي على ذرات أكسجين بها إلكترونات مفردة لها قدرة تفاعلية عالية على تدمير الحمض النووي، ومكونات خلوية أخرى. ومن بين الأنواع الأكثر وفرة من هذه الجزيئات.. التي تتولد حين يقبل الأكسجين إلكترونات حرة جذر فوق الأكسيد ($O2^{\bullet}$)، الذي يتبعه توليد بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2).

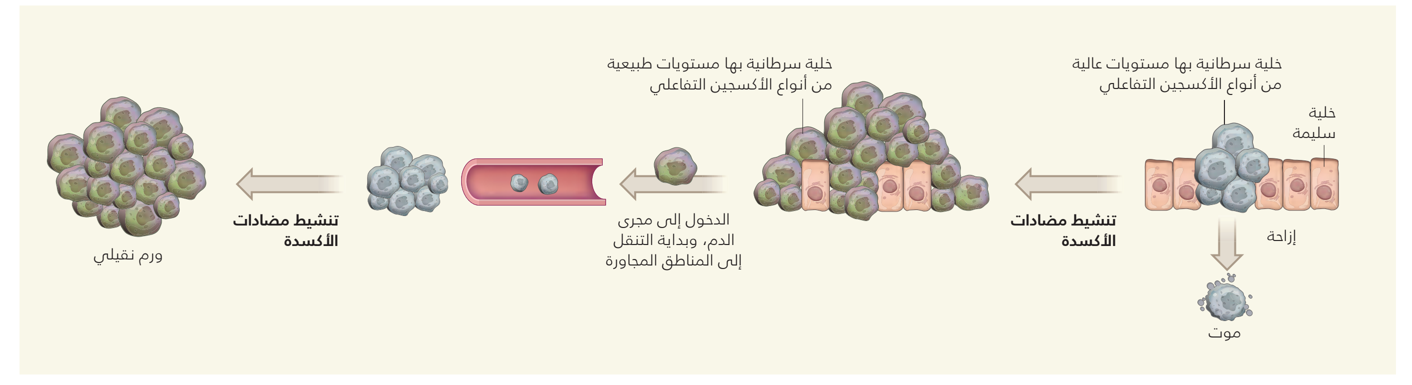
إن معظم مضادات الأكسدة هي إمّا إنزيمات تعمل على إزالة سمية أنواع الأكسجين التفاعلي، أو هي عوامل مساعِدة تسهم في عملية إزالة السمية؛ تصنع الأخيرة من خلال مسارات أيضية كتلك المنتجة للجلوتاثيون (GSH)، أو عن طريق عمليات تصنيع البروتين، كما يحدث في حالة بروتينات الثيوريدوكسين (TXN). ويُعتبر عامل "NADPH" شريكًا مساعدًا أساسيًّا في هذه العمليات، تنتجه مسارات أيضية عديدة، وهو يجدد الجلوتاثيون والثيوريدوكسين بعد مشاركتهما في معادلة أنواع الأكسجين التفاعلي.

إن الإجهاد التأكسدي الذي تسببه أنواع الأكسجين التفاعلي يمكن أن يؤدي إلى زيادة معدلات الطفرات، ومن ثم تعزيز عملية تحول الخلية السليمة إلى خلية سرطانية، كما تبين أن أنواع الأكسجين التفاعلي تعزز من ثبات العوامل التي تسبب نشوء الورم وتطوره[4]. لذلك.. افتُرِض أن استخدام مضادات الأكسدة للتغلب على أنواع الأكسجين التفاعلي والحدّ من الإجهاد التأكسدي يُعد استراتيجية تقي من السرطان وتعالجه أيضًا. وعلى هذا الأساس، أُجريت تجارب إكلينيكية متعددة المراكز على نطاق واسع، لاختبار تأثير تناول مضادات الأكسدة[5,6]، إلا أنها لم تفشل في تحسين حالة المرضى فحسب، بل أدت أيضًا إلى زيادة ملحوظة في حالات الإصابة بالسرطان، كما أكد تتبع نماذج الفئران المصابة آثارها في تحفيز تكون الأورام لديهم[7].

ومن ثم، طرحت هذه النتائج سؤال محير: كيف يمكن لمضادات الأكسدة أن تقضي على الجزيئات التي تسبب نشوء الورم وتطوره، وتعزز نموه في نفس الوقت؟

ظهرت إجابات على هذا السؤال مؤخرًا.. فأثناء نشأة الورم، تخضع الخلايا لتغيرات ـ نتيجة للانحرافات الجينية، وتأثير البيئة المحيطة المجهرية ـ يمكنها أن تزيد من مستويات أنواع الأكسجين التفاعلي (الشكل 1)، الذي قد يؤدي تراكمه المفرط في الخلية السرطانية إلى توقف نموها، أو موتها، مانعًا تطور الورم. وكمثال على ذلك.. يؤدي تكاثر الخلايا الشاذ والمفرط إلى نزوح بعضها من بيئتها الطبيعية التي توفر لها عوامل النمو الأساسية؛ ما يؤدي إلى تجويعها، ومن ثم عدم كفاءة عمليات أيض الأكسجين التي تتم فيها، وبالتالي تنتج مستويات مميتة من أنواع الأكسجين التفاعلي[8]. وقد ثبت أن المحفزات الخلوية لنشوء الورم وتطوره تؤدي إلى زيادة إنتاج مضادات الأكسدة، في محاولةٍ لكبح جماح الإجهاد التأكسدي الناتج عن ذلك[8,9]. ولذا.. فإن إيقاف إنتاج مضادات الأكسدة تلك يمنع نشوء الأورام الخبيثة[10]. وإضافةً إلى ذلك.. عُثر في أنواع متعددة من السرطانات - وخاصة سرطان الرئة[11,12] - على الطفرات التي تؤدي إلى ثبات بروتين "NRF2"، الذي ينظم عملية التعبير عن مضادات الأكسدة. وبذلك، تساعد هذه النتائج في تفسير كيف أن تناول مضادات الأكسدة قد يعزز من انتشار الأورام، عن طريق إنقاذ الخلايا السرطانية المجهَدة من الموت.

والآن، كشف بيسكونوفا وزملاؤه عن دور أنواع الأكسجين



الشكل 1 | التكيف الأيضي على الإجهاد التأكسدي يؤدي إلى أورام نقيلة. مع بداية نمو الورم، يمكن لمستوى النشاط الأيضي المرتفع في الخلايا الطافرة، وكذلك التكاثر غير المحكم الذي يزيح الخلايا من بيئتها الطبيعية، أن يسبِّبا زيادة إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلي (ROS). وتخلق الجزيئات شديدة التفاعل تلك حالة من الإجهاد التأكسدي، الذي يمكن أن يقتل الخلايا، إلا أن الخلايا السرطانية القوية تستطيع مكافحتها، من خلال إنتاج جزيئات مضادة للأكسدة، تقوم بمعادلة أنواع الأكسجين التفاعلي[9]. وقد قدَّم بيسكونوفا وزملاؤه[3] دليلًا على أن الخلايا السرطانية التي تنفصل عن ورم أوّلي تتعرض مرة أخرى لمستويات عالية من أنواع الأكسجين التفاعلي في مجرى الدم، وفي المواقع البعيدة التي تشكل فيها أورام نقيلة. وبذلك، أظهر الباحثون أن الأورام النقيلة الناجحة تتشكل من الخلايا السرطانية التي قد مرت بتغيرات أيضية، تسمح لها بتحمُّل الإجهاد التأكسدي بشكل أفضل، بما في ذلك تنشيط المسارات الأيضية التي تنتِج مضادات الأكسدة.

التفاعلي في تثبيط تنقل الأورام، وليس نشأتها فقط. ولتحديد الآليات الكامنة وراء الاختلافات الواضحة في عمليات تنقل الورم في سرطان الخلايا الصبغية، قام المؤلفون بإجراء تحليل منظم للنواتج الأيضية الموجودة في الخلايا السرطانية، بعد زرع خلايا الورم البشرية في الفئران. ومن ثم، وجدوا أن الخلايا السرطانية المأخوذة من مجرى الدم ومن مواقع الأورام النقيلة تحتوي على مستويات أعلى من أنواع الأكسجين التفاعلي عن تلك المعزولة من الورم الأولي، وأن الأورام النقيلة أظهرت ارتفاعًا عكسيًّا في إنتاج عامل "NADPH"، الذي ارتبط بالنشاط المتزايد لمسار حمض الفوليك، ما يشير إلى أن الخلايا السرطانية قامت بهذا التغيير للتكيف، والتخفيف من الإجهاد التأكسدي[13].

وقد أدَّت عرقلة المسار الأيضي لحمض الفوليك بهذا الشكل - عن طريق تقليل تعبير البروتينات المشاركة في هذا المسار أو تثبيط نشاطها بشكل مباشر باستخدام دواء الميثوتريكسات - إلى الحد من تنقل ورم سرطان الخلايا الصبغية في الفئران. كما ذكر مؤخرًا دور جديد لأنواع الأكسجين التفاعلي في تنقل ورم سرطان الخلايا الصبغية، وذلك في دراسة تبين أن تناول المواد المضادة للأكسدة يعزز بقوة عملية التنقل تلك في الفئران[14].

لا يزال هناك العديد من الأسئلة الدائرة حول دور المواد المضادة للأكسدة وأنواع الأكسجين التفاعلي في السرطان. فمثلًا، برغم قيام بيسكونوفا وزملاؤه بتسليط الضوء على دور مسار حمض الفوليك في إنتاج عامل "NADPH"، إلا أن تفاعلات أيضية أخرى تنتجه أيضًا، بما في ذلك تفاعلات مسار فوسفات البنتوز. وسيكون من المفيد فهم مساهمة هذه المسارات المميزة في توليد عامل "NADPH" في أنواع معينة من الأورام. كما يظل علينا تحديد المواد المضادة للأكسدة التي يعيد هذا عامل إنتاجها في أنواع مختلفة من الأورام خلال مراحل السرطان المختلفة، بدءًا من نشأته وتطوره، ووصولًا إلى تنقله.

وتشير هذه النتائج بطبيعة الحال إلى إمكانية استخدام مثبطات مضادات الأكسدة لجعل السرطانات أكثر استجابةً للعلاج، عن طريق زيادة تلف الخلايا السرطانية بأنواع الأكسجين التفاعلي. ومع ذلك، يجب تعديل مثل تلك العلاجات بحذر لتجنب الضرر التأكسدي الذي قد يلحق بالخلايا السليمة. كما أن الفهم الأعمق لهذه الأمور قد يؤدي إلى إنشاء علاجات تستهدف مضادات الأكسدة، مخصصة لأنواع بعينها من الأورام.

على الجانب الآخر، يجري حاليًا استخدام العقاقير التي تستهدف مضادات الأكسدة لعلاج أمراض أخرى. فعلى سبيل المثال.. يُعَدّ الميثوتريكسات ـ الذي استخدمه بيسكونوفا وزملاؤه لاستهداف مسار حمض الفوليك وتثبيط عملية إنتاج مضادات الأكسدة ـ دواء مضاد للروماتيزم، مُعدِّل للمرض DMARD؛ وكذلك السلفاسالازين، الذي يحول دون امتصاص الحمض الأميني سيستين، والأورانوفين، الذي يمنع تجديد الثيوريدوكسين. قد توفر هذه الأدوية نقطة انطلاق لاكتشاف مثبطات آمنة وفعالة لمضادات الأكسدة، يمكن بحث إمكانية استخدامها مع عقاقير السرطان التقليدية. كما تحتم علينا هذه النتائج مجتمعة إعادة النظر في دور أنواع الأكسجين التفاعلي في مرض السرطان، كما تجبرنا على اعتبارها حليفًا مستبعَدًا في سعينا لعلاج هذا المرض الفتاك. ■

إسحاق إس. هاريس، و**جوان إس. بروج** يعملان في قسم الأحياء الخلوية، وفي مركز لودفيج في هارفارد، كلية الطب بجامعة هارفارد، بوسطن، ماساتشوستس 02115، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: isaac_harris@hms.harvard.edu,
joan_brugge@hms.harvard.edu

1. Gorrini, C., Harris, I. S. & Mak, T. W. *Nature Rev. Drug Discov.* **12,** 931–947 (2013).
2. Sabharwal, S. S. & Schumacker, P. T. *Nature Rev. Cancer* **14,** 709–721 (2014).
3. Piskounova, E. *et al. Nature* **527,** 186–191 (2015).
4. Gao, P. *et al. Cancer Cell* **12,** 230–238 (2007).
5. Klein, E. A. *et al. J. Am. Med. Assoc.* **306,** 1549–1556 (2011).
6. Chandel, N. S. & Tuveson, D. A. *N. Engl. J. Med.* **371,** 177–178 (2014).
7. Sayin, V. I. *et al. Science Transl. Med.* **6,** 221ra15 (2014).
8. Schafer, Z. T. *et al. Nature* **461,** 109–113 (2009).
9. DeNicola, G. M. *et al. Nature* **475,** 106–109 (2011).
10. Harris, I. S. *et al. Cancer Cell* **27,** 211–222 (2015).
11. Kandoth, C. *et al. Nature* **502,** 333–339 (2013).
12. Cancer Genome Atlas Research Network *Nature* **489,** 519–525 (2012).
13. Fan, J. *et al. Nature* **510,** 298–302 (2014).
14. Le Gal, K. *et al. Science Transl. Med.* **7,** 308re8 (2015).

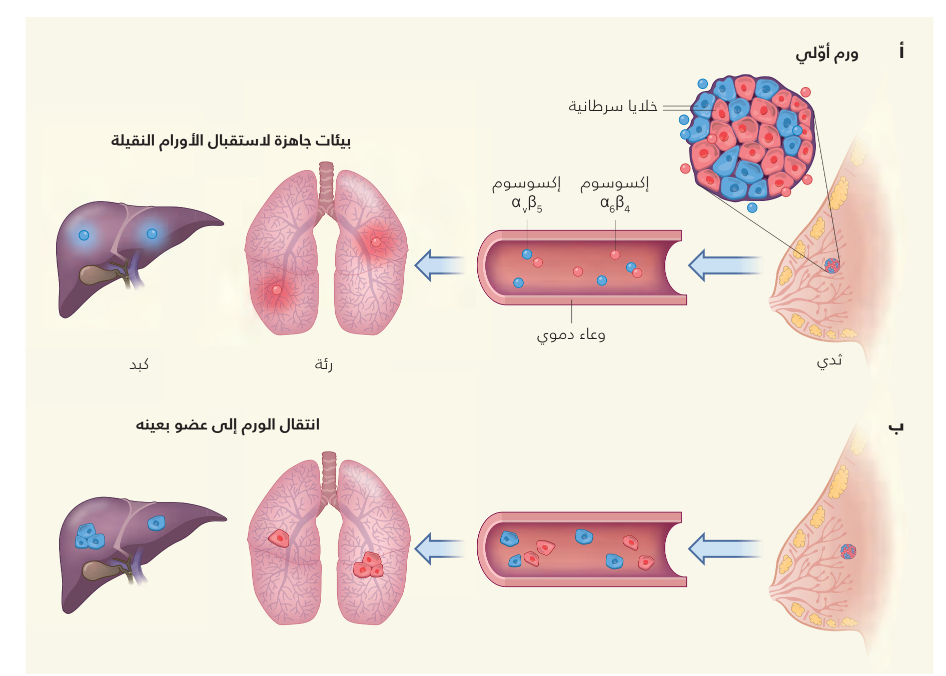
سرطان

حويصلات تمهِّد الطريق لانتقال خلايا السرطان

يكشف تحليلٌ أن الخلايا السرطانية تقوم عن بُعْد بتهيئة مواقع بعيدة في أعضاء معينة لاستقبال الورم النقيلي، وذلك عن طريق نشر حويصلات خارج الخلايا، تستهدف عضوًا بعينه.

جانوسز راك

يُعتبر الانتشار النقيلي للخلايا السرطانية من موقعها الأساسي عبر مجرى الدم إلى أعضاء بعيدة من ضمن الأسباب الرئيسة للوفيات المرتبطة بالسرطان. إن هذه العملية ليست عشوائية[1].. وتسعى مجموعات معينة من الخلايا السرطانية تفضيليًّا نحو أعضاء معينة وتستعمرها[2]، تحت سيطرة مجموعة من البرامج الجزيئية[3]. ويشمل هذا التوجّه ضمنيًّا تفاعلات بين الخلايا السرطانية الهاربة من الورم الرئيس، التي تُعرَف أحيانا بالبذور، والبيئة المجهرية، أو "التربة" الخاصة بالمواقع المستهدفة[1]، إلا أن ما توصَّل إليه هوشينو وزملاؤه[4] كان إمكانية تأثير هذه البذور على التربة من قبل وصولها إليها، عن طريق إرسال حويصلات خلوية خارجية تُسمى "الإكسوسومات"، تعمل



الشكل 1 | تمهيد الطريق لانتقال الأورام إلى أعضاء بعينها. أ، تنبثق حويصلات صغيرة خلوية خارجية، تُدعى الإكسوسومات، من خلايا سرطانية في ورم أوّلي، وتدخل مجرى الدم، ناقلة البروتينات والدهون والأحماض النووية إلى خلايا بعيدة في الجسم. يَذكر هوشينو وزملاؤه[4] أن الإكسوسومات المشتقّة من أنواع مختلفة من الخلايا السرطانية يمكنها أن تُظهِر بروتينات مختلفة من الإنتجرينات على سطحها، يمكن لشكلها الخارجي أن يعزِّز الالتصاق بالخلايا في مواقع معينة مستهدفة. وتتفاعل الإكسوسومات التي تعرض إنتجرين $\alpha_6\beta_4$ تفضيليًّا مع الخلايا الموجودة في الرئة، بينما يوجِّه بروتين $\alpha_v\beta_5$ الإكسوسومات نحو الكبد. **ب،** تحفِّز محتويات الإكسوسوم تغيرات خلوية في العضو المستهدف، تؤدي إلى تهيئة الموقع لاستقبال الورم النقيلي. وهكذا، تعزز الإكسوسومات غزو العضو المعنِيّ، وكذلك النمو النقيلي لنوع الخلية السرطانية التي نشأت منها الإكسوسومات نفسها.

على التحضير المُسْبَق لأعضاء معيّنة، كي تغزوها النقيلة. كما أن هناك دلائل متزايدة تدعم الفكرة المثيرة بأن تراكم الاستجابات النظامية تجاه الورم الرئيس قد يسبق انبثاث السرطان النقيلي، بل وربما يمكِّنه من أن يَحدُث أيضًا. وقد تتضمن هذه الاستجابات تعديلات معقّدة في أنظمة الجسم الخاصة بالأوعية الدموية، والتجلط، والالتهاب، ومثال على ذلك.. التغيّرات المرتبطة بالسرطان، التي تحدث في تركيب البروتينات الذائبة، أو المجموعات الخلوية[3]، أو خصائص الإكسوسومات[5] في الدم.

يعرِّف هوشينو وزملاؤه الإكسوسومات على أنها حويصلات خلوية صغيرة خارجية[6]، أو بِنًى مقيدة في الغشاء، تعمل على نقل البروتينات والدهون والأحماض النووية[7] من خلية إلى أخرى، تستطيع أن تنتقل إلى مسافات كبيرة إلى حدٍّ ما عبر سوائل الجسم، أو مجرى الدم. وقد اجتذبت عملية نقل المعلومات هذه اهتمامًا كبيرًا في بحوث السرطان، حيث إن هناك حويصلات خلوية خارجية تحمل ما يُسمى بجينات "ورمية" مسبِّبة للسرطان، أو بروتينات سرطانية تعزِّز مِن تكوُّن السرطان، وتطوُّر المرض[8].

في وقتٍ ما، دُرِس دور تلك الحويصلات الخلوية الخارجية، بما في ذلك الإكسوسومات، في الأورام النقيلة[9,10]، وهو ما يسهم في العديد من الأحداث الرئيسة التي تهيِّئ موقعًا بعيدًا للاستعمار من قِبَل الورم النقيلي، عن طريق تكوين بيئة مناسبة لاستقباله[11]. ففي نموذج لفأر مصاب بسرطان الخلايا الصبغية مثلًا، يحفِّز التّماس بين الإكسوسومات وجدار الشعيرات الدموية نفاذ الأوعية الدموية، وهو ما يمكِّن الخلايا السرطانية من الهرب من الأوعية الدموية إلى الموقع الجديد[5]. وإضافة إلى ذلك.. يمكن لهذه الإكسوسومات أن تنقل بروتين MET السرطاني المستقبل إلى خلايا الدم "النخاعية" الدائرة في الأوعية، مغيّرة سلوك الخلايا، بحيث تهيّئ المواقع الجديدة لاستعمارها لاحقًا من قِبَل الخلايا السرطانية قبل وصول النقيلة إليها[5]. وفي سرطان البنكرياس، تنقل الإكسوسومات الدائرة بروتين العامل المثبط للهجرة إلى الخلايا المناعية "كوبفر" Kupffer في الكبد، مُحفِّزةً سلسلة من الأحداث؛ تؤدي إلى تكوين البيئة المناسبة لاستقبال الورم النقيلي[12].

ورغم أن هذه النتائج تشير إلى أن الإكسوسومات يمكنها تعزيز ظهور الأورام النقيلة بشكل عام، إلا أن مسألة مشاركتها في عملية التنقل نحو عضو بعينه من عدمه، وكيفية فعل ذلك، لم تُبْحَث على نطاق واسع. ولاستكشاف ذلك.. تساءل هوشينو وزملاؤه عمّا إذا كانت أنواع الخلايا السرطانية المعروفة بتفضيلها التوجّه نحو الرئة، أو الكبد، أو الدماغ، أو العظام قد تنتج إكسوسومات تتفاعل انتقائيًّا مع العضو نفسه. ومن اللافت للنظر أن ذلك كان بالضبط ما رصدوه.. فحين حُقِنت إكسوسومات الخلايا السرطانية في الفئران، استقرت في العضو الذي تميل هذه الخلايا إلى تشكيل ورم نقيلي فيه. وإضافة إلى ذلك.. تفاعلت الإكسوسومات التي تستهدف العضو المعنِيّ مع أنواع مختلفة من الخلايا. فمثلًا، علقت الإكسوسومات التي استهدفت الرئة في الخلايا الظهارية المبطنة للسطح الداخلي للعضو، بينما دخلت الإكسوسومات التي تستهدف الكبد إلى خلايا "كوبفر".

حقن هوشينو وزملاؤه الفئران بإكسوسومات أولًا، ثم خلايا سرطانية من الخط الخلوي نفسه، وأثبتوا أن الإكسوسومات قد عزّزت من النمو النقيلي المستهدف لعضو بعينه، ثم تبعوا ذلك بملاحظة مثيرة، هي أن الإكسوسومات المأخوذة من خلايا سرطان الثدي، التي تنتقل إلى الرئة، يمكنها إعادة توجيه مجموعة أخرى من الخلايا السرطانية؛ لتنتشر في الرئة، بينما كانت في الأصل ستتجه نحو العظام. ويعزز هذا الاكتشاف من فكرة أن الخصائص النقيلية للخلايا السرطانية ليست مستقلة بذاتها، بل يمكن ـ بدلًا من ذلك ـ أن تتأثر بعوامل خارجية.

يقدِّم المؤلفون عدة دلائل حول الطريقة التي تنسق من خلالها الإكسوسومات الأورام النقيلة المستهدفة لعضو بعينه، ووجدوا أن الإكسوسومات التي تستهدف مواقع مختلفة أظهرت بروتينات رابطة مختلفة على السطح، تُدعى "الإنتجرينات" integrins. وقد قام الشكل الخارجي للإنتجرين الخاص بكل نوع فرعي من الإكسوسومات بتسهيل امتصاصه في الأعضاء التي أُنتِج فيها كميات وافرة من الربيط الخاص بذات الإنتجرين. فعلى سبيل المثال.. وَجَّه إنتجرين $\alpha_v\beta_5$ الإكسوسومات نحو الكبد، في حين عزز إنتجرين $\alpha_6\beta_4$ التوجّه نحو الرئة (الشكل 1). وإضافة إلى ذلك.. أدَّى تثبيط التعبير عن الإكسوسومات أو ربط الإنتجرينات إلى الحدّ من انتقال الأورام نحو عضو بعينه. وأخيرًا، وجد الباحثون دليلًا على أن غزو الأعضاء المستهدفة من قِبَل الإكسوسومات قد حفَّز إنتاج بروتينات S100، تحفِّز الالتهاب وهجرة الخلايا، وكذلك تفعيل بروتين Src. وتهيِّئ تلك الاستجابات الخلايا المضيفة لاستقبال الورم النقيلي.

توسِّع هذه الملاحظات المدهشة من فهْمنا للأورام النقيلة المستهدفة لعضو بعينه، إلا أنه ما زالت هناك حاجة إلى مزيد من البحث؛ لتحديد إمكانية توظيف هذه المعرفة عمليًّا، وكيفية فعل ذلك أيضًا. يوضح المؤلفون أن التعبير عن الإنتجرين قد يساعد في التنبؤ بالانتشار النقيلي، مشيرين إلى إمكانية استخدام الشكل الخارجي للإنتجرينات الخاصة بالإكسوسومات في تشخيص مرض السرطان. وتشير بياناتهم أيضًا إلى أن مثبطات الإنتجرين قد تقلِّل الانتشار النقيلي إلى أعضاء معينة، لكن في كثير من الحالات تنتشر السرطانات المتقدمة في عدة مواقع[3]، وبذلك تحدّ من قدرة العلاجات التي تستهدف عضوًا بعينه.

من المهم أيضًا الأخذ في الاعتبار فكرة أن المسارات الجزيئية المحفِّزة لتنقل الأورام، سواء أكانت معتمِدة على الإكسوسومات، أم لا، هي في الغالب شديدة التنوع. لذا.. قد تُحفَّز من قِبَل عدة عوامل خاصة بهذا السياق، تتضمن تفعيل مسارات التمايز في الخلايا السرطانية، وظهور نوع فرعي جزيئي محدَّد داخل الورم، والتدخلات العلاجية، وأكثر من ذلك. فمثلًا، يختلف انتقال الأورام إلى المخ بناءً على النوع الفرعي الجزيئي لسرطان الثدي، ويميل إلى أن يكون أعلى في تلك الأنواع التي يحفِّزها بروتين "ERBB2" السرطاني، حتى بعد العلاج الفعّال بمثبطات هذا البروتين[13]. ولا يزال من غير المعلوم ما إذا كان هذا البروتين ومضاداته والعلاجات المستخدمة لعلاج أنواع السرطان التي يحفّزها قد تؤثِّر على إصدار الإكسوسومات التي تسعى نحو عضو بعينه، أم لا، وطريقة حدوث ذلك. وهي أمور مثيرة للاهتمام. وبالمثل، فالالتهاب، وعملية التجلط غير السليم، والتغيرات الفسيولوجية الأخرى المرتبطة بالسرطان قد تتداخل مع آلية الإكسوسومات والخلايا في السعي نحو عضو معين، ويجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند تحليل مسارات الأورام النقيلة. وهكذا، لا يزال هناك الكثير مما يجب فهمه عن الدور المذهل الذي يمكن أن تلعبه الإكسوسومات المستهدفة لأعضاء بعينها في تخصيب تربة مناسبة للأورام النقيلة في أنواع السرطان المختلفة في البشر. ■

جانوسز راك يعمل في قسم طب الأطفال، جامعة مكجيل، مونتريال، كيبك H4A 3J1، كندا، وفي معهد الأبحاث التابع للمركز الصحي لجامعة مكجيل، مستشفى مونتريال للأطفال.
البريد الإلكتروني: janusz.rak@mcgill.ca

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

1. Paget, S. *Lancet* **1,** 571–573 (1889).
2. Fidler, I. J. *Nature Rev. Cancer* **3,** 453–458 (2003).
3. Nguyen, D. X., Bos, P. D. & Massagué, J. *Nature Rev. Cancer* **9,** 274–284 (2009).
4. Hoshino, A. *et al. Nature* **527,** 329–335 (2015).
5. Peinado, H. *et al. Nature Med.* **18,** 883–891 (2012).
6. Lötvall, J. *et al. J. Extracell. Vesicles* **3,** 26913 (2014).
7. Colombo, M., Raposo, G. & Théry, C. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* **30,** 255–289 (2014).
8. Rak, J. *Front. Pharmacol.* **4,** 21 (2013).
9. Hood, J. L., San, R. S. & Wickline, S. A. *Cancer Res.* **71,** 3792–3801 (2011).
10. Poste, G. & Nicolson, G. L. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **77,** 399–403 (1980).
11. Kaplan, R. N. *et al. Nature* **438,** 820–827 (2005).
12. Costa-Silva, B. *et al. Nature Cell Biol.* **17,** 816–826 (2015).
13. Steeg, P. S., Camphausen, K. A. & Smith, Q. R. *Nature Rev. Cancer* **11,** 352–363 (2011).

العمى

اغتيال جزيئي لحاسة البصر

هناك تسلسل جزيئي يتضمن عامل النسخ SIX6 والجين الذي يستهدفه *p16INK4a*.. يؤدي إلى موت الخلايا العصبية التي تربط العين بالمخ، ما يُعمِّق فهْمنا لمرض الزّرق "الجلوكوما"، وهو أحد أشكال العمى الشائعة.

أندرو دي. هيوبرمان، ورنا إن. الدنف

قد يبدو البصر أمرًا بسيطًا، لكن أداء الوظائف البصرية الاعتيادية ـ كالقراءة أو التجوّل في الشوارع أو التعرف على الوجوه ـ يحتاج إلى عدد ضخم من الخلايا العصبية. يبطّن الجزء الخلفي من العين طبقة محكمة مكونة من حوالي مليون خلية عصبية، تُسمى خلايا العقدية الشبكية "RGCs"، وهي تتلقى معلومات مشفَّرة من قبل شبكية العين، وتمرّرها إلى المخ[1]. يتميز مرض الزّرق "الجلوكوما" بتنكّس تلك الخلايا تدريجيًّا بشكل غير قابل للعكس، وهو أحد أشكال العمى الشائعة، الذي يؤثر على أكثر من 60 مليون شخص حول العالم[2]. وعلى الرغم من سعي عديد من الدراسات لفهم الأسس الخلوية والجزيئية لهذا المرض[3]، إلا أن الآليات التي تدفع الخلية العقدية الشبكية إلى الموت في هذا المرض المسبِّب للعجز لا تزال غامضة. وفي بحث منشور في دورية "موليكيولار سل" *Molecular Cell*، أشارت سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها[4] إلى أن هناك طفرات مرتبطة بالزّرق في البشر ترتبط بمسار جزيئي محدَّد، يسرّع من شيخوخة الخلية العقدية الشبكية وموتها.

يرتبط كذلك مرض الزّرق بعدة عوامل خطورة، مِن أهمها التقدم في العمر. وكغيره من أشكال التنكّس العصبي، يكثر في هذا المرض فقدان الخلايا العقدية الشبكية في مَن تجاوزوا الستين سنة، ما يطرح تساؤلات عما إذا كان من الممكن لمثل تلك الآليات أن تكون هي السبب وراء المرض، وما سواه من الاضطرابات التنكّسية العصبية الأخرى المرتبطة بالتقدم في العمر، مثل مرض الألزهايمر[5]. يبدو كذلك أن عامل الوراثة يلعب دورًا قويًّا في نشوء مرض الزّرق، مع ظهور أشكال معينة من 4 إلى 5 مرات أكثر في أصحاب البشرة السمراء[6]. كما يُعتقد أن المرض ينجم عن ارتفاع في ضغط العين، بيد أن ذلك الارتفاع لا يُنْذِر بنشوء الزّرق بنسبة 100%، ولا هو شرط أساسي لحدوثه، وكثير من المصابين يظل ضغط العين لديهم في مستواه الطبيعي[2]. دفعت هذه المجموعة الواسعة من عوامل الخطورة العديد من الناس إلى التكهن بأن الزّرق ينجم عن مجموعة متنوعة من الضغوط الفردية التي تزيد من احتمال موت الخلية العقدية الشبكية. لذا.. تدور الأسئلة الأساسية الآن حول أيٍّ من المسارات الجزيئية المألوفة تحفِّز فقدان الخلية العقدية الشبكية، وكيف يمكن التلاعب في تلك المسارات؛ بهدف العلاج.

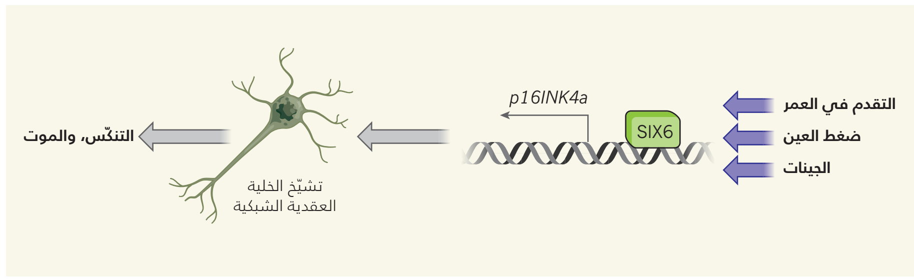
عمدت سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها إلى تحليل دراسات الارتباط الجيني في عديد من المجموعات البشرية، بحثًا عن الجينات التي عادةً ما تكون متحورة في المصابين بالزّرق البدئي مفتوح الزاوية (وهو الشكل الأكثر شيوعًا من المرض). اختار أحد المسوح جين SIX6، الذي يشفّر عامل النسخ الذي يساعد في عملية تشكيل العين أثناء التطوّر الجنيني، وتطور ما بعد الولادة[7]. تُعَدّ طفرة "His141" ـ حيث تغيّر ثمالة الحمض الأميني رقم 141 في بروتين SIX6 من الأسباراجين إلى الهيستيدين ـ أحد عوامل الخطورة، التي قد تؤدي إلى الإصابة بالزّرق. لذا.. أجرى المؤلفون تحليلًا بنيويًّا دقيقًا؛ كشَف عن أن هذه الثمالة ربما تقبع خارج الجزء الرابط للحمض النووي في عامل النسخ SIX6. وبالتالي، قد تؤثر الطفرة على قدرته على التفاعل مع عوامل النسخ الأخرى، أو مع بروتينات العوامل المساعدة، مغيِّرةً من كفاءته في تفعيل الجينات التي يستهدفها.

ولتحديد تلك الجينات المستهدفة، اتجهت سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها مجددًا نحو دراسات الارتباط الجيني، التي أشارت كذلك إلى أن طفرات جين *p16INK4a* هي عامل خطورة قوي أيضًا لنشوء الزّرق. وقد وجد الباحثون أن التعبير عن هذا الجين وجين SIX6 كان أعلى في عيون المصابين بالزّرق، مقارنةً بالأصحاء. وإضافة إلى ذلك.. أظهروا أن بروتين SIX6 يرتبط بجين *p16INK4a*، ويُفَعِّله.

وفي أنواع كثيرة من الخلايا، يرتبط جين *p16INK4a* بعملية تقادم الخلية. فقد وجدت سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها أن الخلايا العقدية الشبكية في المصابين بالزّرق كانت تشيخ بمعدل يقترب من أربعة أضعاف معدّل تشيُّخها في الأصحاء. ولسَبْر هذا المسار بشكل أعمق، عمد الباحثون إلى هندسة خلايا سلفية لشبكية العين البشرية، مستزرعة في المختبر، بحيث تعبّر عن طفرة His141 في بروتين SIX6؛ ما أدَّى إلى زيادة كبيرة في إنتاج جين *p16INK4a* وواسم آخر للتشيُّخ الخلوي، هو جين IL-6. ويبدو أن هذا التأثير خاص بطفرة His141 فقط، إذ إن زيادة إنتاج هذه الواسمات لم تحدث في الخلايا المنتجة للنوع البرّي من بروتين SIX6، أو أشكاله الطافرة عند ثمالات مختلفة. وبالتالي، يشير مجموع تلك النتائج إلى أن طفرة His141 تزيد من فعالية تنشيط جين *p16INK4a* من قِبَل بروتين SIX6، وتحفز مسارات التشيُّخ في الخلايا العقدية الشبكية.

ومن ثم، استكشفت سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها ما إذا كان تفعيل جين *p16INK4a* يرتبط بتقادم الخلية العقدية الشبكية، أو موتها في الفئران التي رُفِع ضغط العين لديها في المختبر. ووجدوا أن التعبير عن جين SIX6 وجين *p16INK4a* قد زاد بشكل ملحوظ بعد رفع ضغط العين. وقد تَعَزَّز دليل وجود تفاعل بين بروتين SIX6 وجين *p16INK4a* أكثر مع اكتشاف أن التعبير عن هذا الجين قد انخفض في الفئران التي تفتقر إلى بروتين SIX6، وأن ضغط العين المرتفع قد زاد من ارتباط بروتين SIX6 بجين *p16INK4a* في الفئران من النوع البرّي. وكما هو الحال في الشبكيات المصابة بالزّرق في البشر، أدّت زيادات ضغط العين إلى ارتفاع دراماتيكي في عدد الخلايا العقدية الشبكية الهَرِمة. وتشير هذه النتائج مجتمعةً إلى أن زيادة التعبير عن جين *p16INK4a* يُعد سببًا رئيسًا لنشوء مسارات التشيُّخ الخلوي، التي تؤدي إلى تنكّس الخلايا العقدية الشبكية وموتها في مرض الزَّرق. وفي مجموعة أخيرة من التجارب، أجرى الباحثون اختبارًا حاسمًا لهذا النموذج، عن طريق تقييم ما إذا كان حذف جين *p16INK4a* أو حذف جزء من جين SIX6 يؤخّر موت الخلية العقدية الشبكية في نموذج فأري للزّرق، أم لا. والأمر الملفت للنظر أنه عند رفع ضغط العين في أي من هذه السلالات الفأرية المحوَّرة جينيًّا، قاومت الخلايا الموت، داعمة بقوة فكرة أن زيادة جين *p16INK4a* المُحفَّزة من قِبَل بروتين SIX6 تُسَهِّل استجابة الخلايا العقدية الشبكية للضغوط المختلفة، وفقدانها (الشكل 1).

تُعَدّ الدراسة التي قامت بها سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها



الشكل 1 | المسارات الجزيئية المسبِّبة للزّرق. التقدم في العمر، وضغط العين المرتفع، وبعض الطفرات الجينية.. كلها عوامل تزيد من احتمال الإصابة بالزّرق، وهو أحد أشكال العمى، التي ترتبط بتنكّس الخلايا العقدية الشبكية (RGCs). تُبيّن سكورونسكا-كراوزيك وزملاؤها[4] أن عوامل الخطورة تلك تتجمع في تسلسل جزيئي وحيد، يرتبط فيه عامل النسخ SIX6 بجين *p16INK4a*؛ ويفعِّله. وتسبِّب زيادة التعبير عن هذا الجين تشيُّخ الخلية العقدية الشبكية، مؤديةً إلى تنكّس الخلية، وموتها.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

خطوة مهمة إلى الأمام. فهي تدعم الرأي الذي طالما كان سائدًا، بأنه على الرغم من أن عوامل الخطورة ومسببات الإجهاد المختلفة يمكنها أن تزيد من احتمال نشوء الزّرق، هناك آلية جزيئية شائعة تعمل بموجبها مسببات الإجهاد تلك لقتل الخلايا العقدية الشبكية. كما أن الدراسة تشير إلى أن التشيُّخ الخلوي والمسارات المرتبطة به بمثابة بوادر تنكّس الخلية العقدية الشبكية، وموتها.

على مدى السنوات القليلة الماضية، حدثت طفرة في فهْمنا أيّ مِن الخلايا العقدية الشبكية هي الأكثر ضعفًا في المراحل المبكرة من الزّرق[8,9]، كما تطوَّر فهْمنا للقنوات الأيونية اللازمة لترجمة ارتفاع ضغط العين إلى تنكّس الخلية العقدية الشبكية وموتها[10]. وتقدِّم الدراسة الحالية أساسًا جزيئيًّا متينًا لدمج هذه الاكتشافات. ومما لا شك فيه أن الفهم الأكمل للركائز الحيوية للزّرق سيساعد أيضًا في تحديد أهداف جديدة للتدخل العلاجي، وربما يكشف عن رؤى آلية متعمقة في الأساس الجزيئي للأمراض العصبية التنكّسية الأخرى المرتبطة بالتقدم في العمر، مثل مرض الألزهايمر، ومرض باركنسون. ■

أندرو دي. هيوبرمان، ورنا إن. **الدنف** يعملان في قسم الأمراض العصبية، فرع من العلوم الحيوية، وكذلك في أقسام العلوم العصبية وطب العيون، كلية الطب، جامعة كاليفورنيا، سان دييجو، لاهويا، كاليفورنيا 92093، الولايات المتحدة الأمريكية. كما يعمل **أندرو دي. هيوبرمان** أيضًا في معهد سولك للدراسات البيولوجية، لاهويا.

البريد الإلكتروني: ahuberman@ucsd.edu ؛ reldanaf@ucsd.edu

1. Dhande, O. S. & Huberman, A. D. *Curr. Opin. Neurobiol.* **24,** 133–142 (2014).
2. Kwon, Y. H., Fingert, J. H., Kuehn, M. H. & Alward, W. L. M. *N. Engl. J. Med.* **360,** 1113–1124 (2009).
3. Weinreb, R. N., Aung, T. & Medeiros, F. A. *J. Am. Med. Assoc.* **311,** 1901–1911 (2014).
4. Skowronska-Krawczyk, D. *et al. Mol. Cell* **59,** 931–940 (2015).
5. Jain, S. & Aref, A. A. *J. Ophthalmic Vis. Res.* **10,** 178–183 (2015).
6. Tielsch, J. M. *et al. J. Am. Med. Assoc.* **266,** 369–374 (1991).
7. Anderson, A. M., Weasner, B. M., Weasner, B. P. & Kumar, J. P. *Development* **139,** 991–1000 (2012).
8. Della Santina, L., Inman, D. M., Lupien, C. B., Horner, P. J. & Wong, R. O. *J. Neurosci.* **33,** 17444–17457 (2013).
9. El-Danaf, R. N. & Huberman, A. D. *J. Neurosci.* **35,** 2329–2343 (2015).
10. Ward, N. J., Ho, K. W., Lambert, W. S., Weitlauf, C. & Calkins, D. J. *J. Neurosci.* **34,** 3161–3170 (2014).

علم البيئة

قابلية النظام البيئي للتأثر السالب باحترار المحيط

كشْف تحليل نطاق درجات الحرارة الذي تحتله الأنواع البحرية أن قابلية المجتمعات البيئية للتأثر سلبيًّا بالاحترار العالمي قد تعتمد على فسيولوجيا الكائنات الحية بدرجة تزيد على اعتمادها على مقدار التغير.

ديريك بي. تيتينسور

بدأت المجتمعات البشرية مسبقًا في إعداد وتطبيق خططها؛ للتأقلم مع التغير المناخي[1]. فالمجتمعات البيئية معرضة بالقدر ذاته للتأثر سلبيًّا بهذه الظاهرة، والتدخل البشري ضروري لتخفيف وطأة هذه الضغوط، والتقليل من حدة مخاطر فقدان التنوع الحيوي وانقراض الأنواع. وحتى الآن، ظللنا نركِّز جُلّ اهتمامنا على التنبؤ باستجابات الأنواع المنفردة، لكن هل من الممكن أن نتنبأ بالكيفية التي سوف تستجيب وتتواءم بها الأنظمة البيئية بكلياتها مع احترار الأرض والمحيط؟ يضع ستيوارت-سميث وزملاؤه[2] مقياسًا لدرجة قابلية المجتمع للتأثر السلبي في البيئات البحرية، مبنيًّا على فسيولوجيا الأنواع المنفردة، وعلى الظروف البيئية الخارجية في الوقت ذاته. وتتحدى النتائج التي توصَّل اليها هذا الفريق الافتراضات السابقة، التي تقول إن مقدار أو درجة الاحترار هي المقياس الأفضل للتنبؤ بالتغير البيئي.

لكل نوع من أنواع الكائنات الحية بيئة حرارية ملائمة، وهي نطاق درجات الحرارة التي يمكن للنوع المحدد أن يعيش فيها، لكن في واقع الأمر، لا تشغل الكائنات الحية كل المواضع الموجودة داخل هذا النطاق، بسبب العوامل المحددة الأخرى، مثل المنافسة، وتوفر الغذاء، التي تضع ضغوطًا إضافية على هذه الأنواع. ويُطلَق على نطاق درجات الحرارة الذي تعيش به الأنواع فعليًّا البيئة الحرارية الملائمة "المحققة". استخدم ستيوارت سميث وزملاؤه قاعدتي بيانات ضخمتين، توضحان أماكن وجود الأنواع، من أجل استنتاج البيئات الحرارية الملائمة المحققة لما يقارب 4,000 من أنواع سَمَك الشعاب واللافقاريات المجهرية البحرية، من خلال المقارنة بين أماكن وجود الحيوانات، وبيانات درجة حرارة السطح في هذه المواقع.

لكل بيئة حرارية ملائمة محققة نقطة وسطية، ويُطلق على متوسط هذه النقاط لكل الأفراد في مجتمع بيئي ما مصطلح المؤشر الحراري للمجتمع (الشكل 1). وعلى الرغم من أن المؤشر الحراري للمجتمع ليس بالمفهوم الجديد (انظر المرجع 3، على سبيل المثال)، إلا أن ستيوارت سميث وزملاءه قاموا بحساب قيم هذا المؤشر لنطاق عريض من المجتمعات البحرية في جميع أنحاء العالم. بعد ذلك، قام هذا الفريق بمقارنة هذه المؤشرات بدرجات الحرارة الملاحَظة؛ من أجل حساب "التحيز الحراري"، وهو الفرق ما بين المؤشر الحراري للمجتمع، والمتوسط السنوي لدرجات حرارة سطح البحر.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وتوفر قيم هذا التحيز دلالة على ما إذا كان المجتمع المعين يحتوي على عدد أكبر من الأنواع التي تأقلمت مع البيئات المحترّة (في حالة التحيز الإيجابي)، أو على أنواع أكثر تأقلمًا مع البيئات الأكثر برودة.

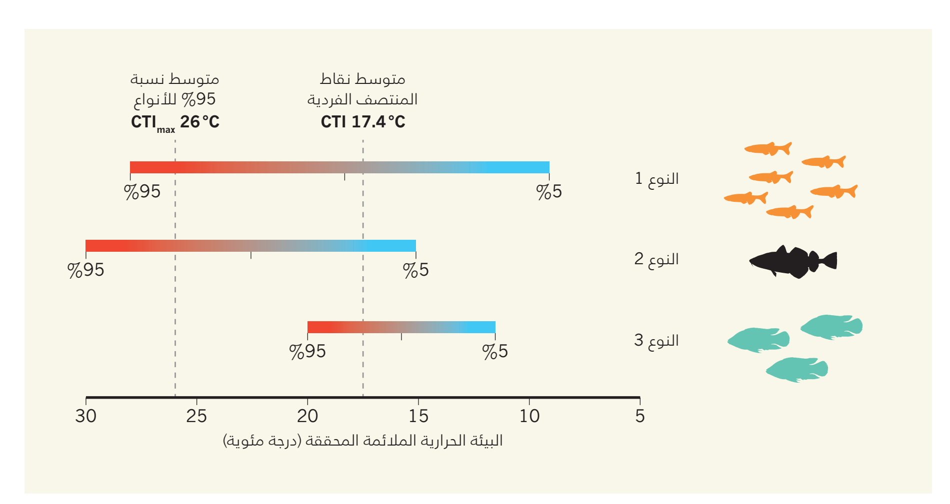
وجد المؤلفون أن غالبية المجتمعات يوجد بها تحيز حراري. وقد لا يكون هذا الأمر مفاجئًا، إلا أن ستيوارت سميث وزملاءه كشفوا أيضًا عن نمط جغرافي حيوي واسع النطاق مثير للاهتمام، لا يتوزع فيه التحيز الحراري بصورة عشوائية حوالي درجة حرارة المحيط (انظر الشكل 1 في المرجع 2). وبالانتقال من المؤشرات الحرارية للمجتمع إلى تفحص نقاط منتصف البيئات الحرارية الملائمة التي تتسبب فيها، وجد المؤلفون أن غالبية الأنواع ترتبط إما مع نقطة منتصف معتدلة، أو استوائية. والأمر الملحوظ أنه لا توجد نقاط منتصف عند درجات حرارة تحت استوائية، إلا بالنسبة إلى حفنة قليلة من الأنواع (توجد أيضًا مجموعة ثالثة من اللافقاريات ذات نقاط منتصف تحت قطبية). مثل هذه التجمعات الحيوانية مسؤولة عن التوزع غير الخطي للتحيزات الحرارية التي تمت ملاحظتها في المجتمعات البحرية.

ولا تزال هناك حاجة إلى اختبار درجة اتساق هذه الملاحظات في الأصناف الحيوانية الأخرى، كما تتطلب معرفة الآليات المحتملة لهذه الظاهرة القيام بالمزيد من الاستقصاء. كما أن افتراض أن الأنواع "تكون أكثر مواءمة" لنقطة المنتصف الحراري الخاصة بها يحتاج إلى المزيد من الاستكشاف، أو التحقق التجريبي، على الرغم من أن المؤلفين يقدمون الأدلة التي تدعم هذا الافتراض.

بطبيعة الحال، قد لا تمثل قيمة التحيز الحراري في مجتمع ما سوى تجميع لأنواع ذات نطاق حراري واسع، الشيء الذي يمكن اعتباره مؤشرًا على انخفاض قابلية هذا المجتمع للتأثر السلبي بالاحترار. ولكي نتمكن من تجاوز مؤشر التحيز، ينبغي أن نتمكن من تقدير درجة القابلية للتأثر السالب، أي المقياس الذي يضع في اعتباره الحد الأقصى لدرجة الحرارة التي يمكن للكائن الحي أن يتحمّلها. يعرف ستيوارت سميث وزملاؤه الحد الأقصى بنسبة 95% من التوزع الحراري؛ ولذا.. بالنسبة إلى نوع ما تبلغ نسبة 95% له 28 درجة مئوية، يوجد 95% من أفراد هذا النوع عند درجات حرارة تقل عن هذه القيمة. كذلك يقوم المؤلفون بتعريف مقياس لكل مجتمع، يُعرف باسم المؤشر الحراري الأقصى للمجتمع، على أنه متوسط نسبة 95% لكل نوع في المجتمع (الشكل 1).

والمواقع التي تقارب فيها قيمة المؤشر الحراري الأقصى للمجتمع درجات حرارة المياه الصيفية تحتوي ـ على الأرجح ـ على أنواع عديدة تعيش على حافة الخطر، لكونها تقترب بشدة من حدودها الحرارية القصوى. ويضمن المؤلفون ما سبق في مقياس القابلية للتأثر السالب، الذي يُعرف على أنه نسبة الأنواع ـ عند كل موقع ـ التي يقل حدّها الحراري الأقصى عن متوسط درجة الحرارة الصيفية. وباستخدام درجات الحرارة المتوقعة بعد مئة عام، أي في عام 2115، باستخدام النماذج المناخية المأخوذة من تقرير التقويم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيّر المناخ[4] IPCC، تنبأ هذا الفريق بأن ثلث المناطق البيئية التي تم مسحها سوف تحتوي على أنواع تعيش عند درجات حرارة تزيد على حدودها الحرارية القصوى، الأمر الذي يُعَدّ مؤشرًا صريحًا على أن أفراد هذه المجتمعات ينبغي أن تنتقل من مواضعها، أو تتأقلم، وإلا سوف تفنى.

هل سوف يفنى جميع الأفراد في هذه المناطق البيئية؟ ليس الأمر كذلك بالضرورة. وكما أن الترابط لا



الشكل 1 | المؤشرات الحرارية للمجتمع. لكل نوع بيئة حرارية ملائمة محققة، وهي تشمل نطاق درجات الحرارة التي يمكن لهذا النوع أن يظل فيها على قيد الحياة في مجتمع ما. والمؤشر الحراري للمجتمع (CTI) هو متوسط نقطة المنتصف لهذه البيئات الحرارية الملائمة بالنسبة لكل أفراد المجتمع. وسَّع ستيوارت سميث وزملاؤه[2] هذا المقياس؛ لكي يصبح المؤشر الحراري الأقصى للمجتمع (CT_{Imax})، الذي يقيس متوسط الحد الأعلى ـ نسبة 95% ـ للحدود الحرارية المتحققة للأنواع في المجتمع. يسمح المؤشر الحراري الأقصى للمجتمع بحساب مقياس القابلية للتأثر السالب-نسبة الأنواع في المجتمع التي يقل حدها الأعلى عن درجات الحرارة الصيفية المعطاة لسطح البحر. في هذا المثال.. إذا أصبحت درجة الحرارة المستقبلية لسطح البحر 25 درجة مئوية، فإن مقياس القابلية للتعرض السالب ينخفض إلى 0.33، لأن واحدًا من الأنواع الثلاثة في المجتمع (النوع 3) له حدّ حراري أعلى، يقل عن درجة الحرارة هذه.

يعني التسبب بالضرورة، كذلك لا تعني القابلية للتأثر السالب حتمية حدوث الانقراض، إذ قد تكون لعديد من الأنواع مرونة أكبر، أو مقدرة على الاستجابة للتغيرات بدرجة تفوق توقعاتنا. كذلك لا تضع الدراسة التي قام بها ستيوارت سميث وزملاؤه في اعتبارها التفاعلات المعقدة ما بين الأنواع، والتي قد تؤدي التغيرات الطفيفة التي تحدث بها الى أخذنا الى طرق معقدة وغير مسبوقة. تشمل العوامل التي من الممكن أن تؤدي إلى وجود نوع من التحيز في هذه الدراسة استخدام المؤلفين لأشد السيناريوهات التي طرحتها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تطرفًا (RCP 8.5)، إضافة الى حقيقة أن هناك تأثيرات بشرية أخرى سوف تعمل مع بعضها البعض. كما أن عملية إعادة تنظيم المجتمعات، قد تشمل دخول وخروج بعض الأنواع، بحيث لا يتأثر غِنَى الأنواع، أو لربما زاد.

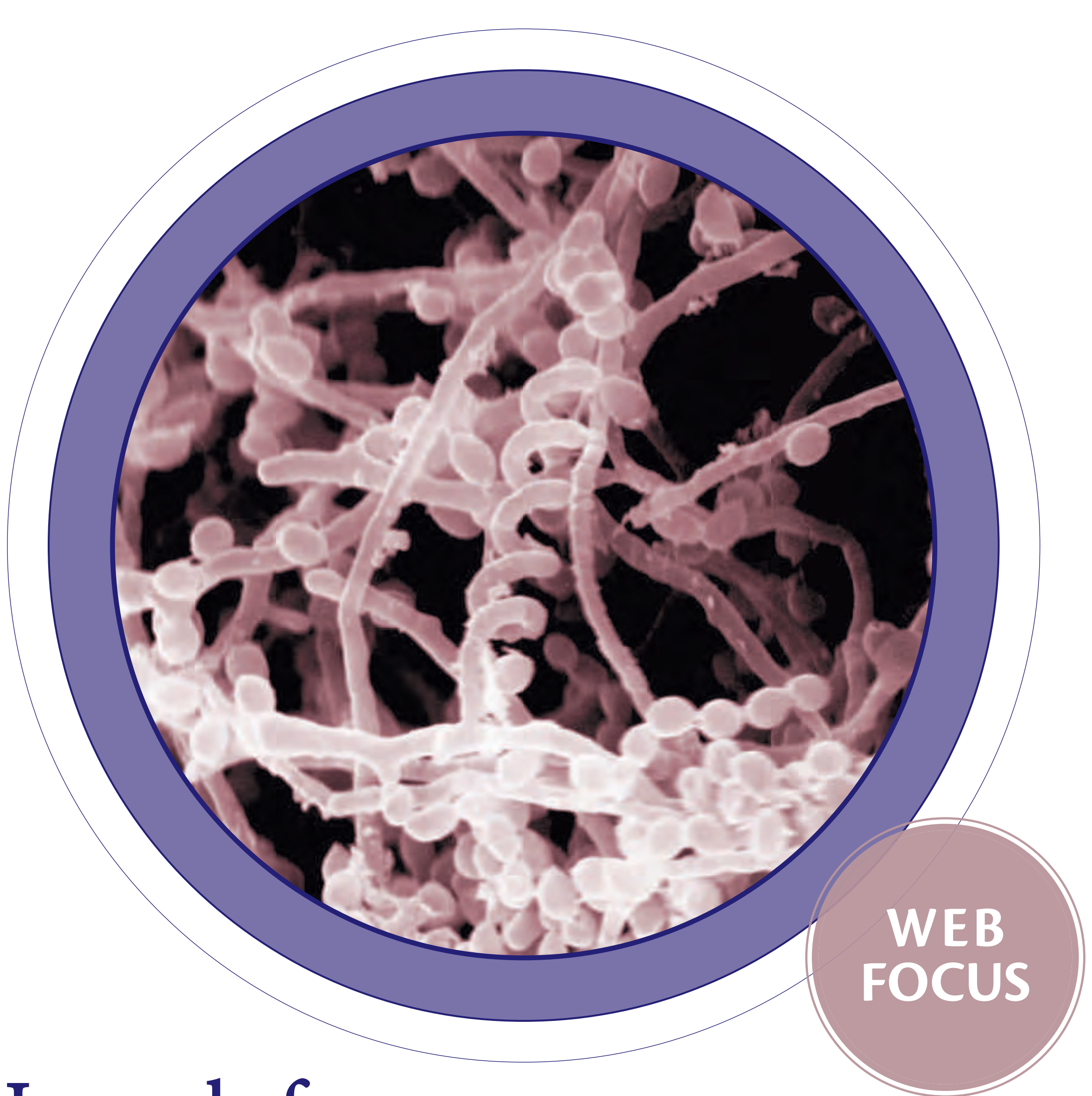
ورغم ما سبق، يضع المؤشر الحراري الأقصى للمجتمع في الاعتبار فسيولوجيا الكائنات الحية، بدلًا من التركيز فقط على معدلات الاحترار البيئي، وبذلك يمكن أن يقربنا هذا المؤشر من فهْم تأثيرات الاحترار على تجمعات كاملة. وبالفعل، وجد ستيوارت سميث وزملاؤه أن المواقع التي يتوقع أن تفقد العدد الأكبر من الأنواع هي المواضع ذاتها التي توجد بها درجة أكبر من التحيز الحراري السالب، وليست تلك التي يوجد بها مستوى أعلى من الاحترار. ويشير ما سبق إلى أن استخدام معايير الاحترار المرتبط بالبيئة (انظر المرجع 5، على سبيل المثال)، من غير أخذ خصائص الأنواع في الحسبان، قد لا يكون كافيًا لتشخيص القابلية للتأثر السالب. والخطوة التالية البديهية هي اختبار مقاربة ستيوارت سميث وزملائه مع أنواع أخرى، لكي نرى إمكانية أن نلاحظ وجود أنماط مماثلة، أم لا، إلا أن أخذ عينات بدرجة تقل عن المطلوب من الأنواع يمكن أن يعطي انطباعا زائفًا عن ضيق البيئة الحرارية الملائمة. وجودة الصورة التي سوف نتحصل عليها تعتمد على جودة البيانات التي اعتمدت عليها، الأمر الذي يمكن أن يحدّ من توسيع نطاق استخدام هذا المقياس.

واستجابة المجتمعات البيئية للتغير المناخي هي أكثر تعقيدًا بلا شك مما يمكن أن تكشف عنه أي قيمة منفردة. ويستخدم صانعو السياسات الدوليون مجموعة كبيرة من المقاييس، لكي يتبيّنوا استجابة المجتمعات البيولوجية للتغيرات ذات المنشأ البشري[6]، والمقاييس التي تشمل الخصائص الحيوية قد تزوِّدنا بمعلومات مفيدة. وإضافة إلى جهود النمذجة، التي تشمل تفاعلات الأنواع (انظر، على سبيل المثال، المرجعين 7 و8)، يمكننا أن نبني أساسًا للفهم، أو على الأقل للمعقولية. وقد أسهم ستيوارت سميث وزملاؤه في تزويدنا بأداة يمكنها أن تساعدنا للوصول الى هذا الهدف، إلا أنه في العالم الذي تواجه فيه الأنظمة البيئية البحرية وتلك الموجودة على اليابسة ضغوطًا متسارعة[9]، قد تصبح مقدرتنا على الاستجابة، والحماية، والاستدامة ضعيفة وهَشَّة. ■

ديريك بي. تيتينسور يعمل في مركز مراقبة الحفاظ العالمي في برنامج الأمم المتحدة للبيئة، كمبريدج CB3 0DL، المملكة المتحدة، كما يعمل في جامعة دالهوسي، هاليفاكس، نوفا سكوشيا، كندا.

البريد الإلكتروني: derek.tittensor@unep-wcmc.org

1. Rosenzweig, C. & Solecki, W. *Global Environ. Change* **28,** 395–408 (2014).
2. Stuart-Smith, R. D., Edgar, G. J., Barrett, N. S., Kininmonth, S. J. & Bates, A. E. *Nature* **528,** 88–92 (2015).
3. Devictor, V. *et al. Nature Clim. Change* **2,** 121–124 (2012).
4. IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Pachauri, R. K. *et al.*) (IPCC, 2015).
5. Loarie, S. R. *et al. Nature* **462,** 1052–1055 (2009).
6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. *Global Biodiversity Outlook 4* (2014).
7. Fernandes, J. A. *et al. Global Change Biol.* **19,** 2596–2607 (2013).
8. Harfoot, M. B. J. *et al. PLoS Biol.* **12,** e1001841 (2014).
9. Tittensor, D. P. *et al. Science* **346,** 241–244 (2014).



The Journal of Antibiotics

Collection: Newly-Discovered Bioactive Natural Product

Androprostamines A and B, the new anti-prostate cancer agents produced by *Streptomyces* sp. MK932-CF8

Yohko Yamazaki *et.al*
doi:10.1038/ja.2014.135

Isolation and structure elucidation of the nucleoside antibiotic strepturidin from *Streptomyces albus* DSM 40763

Alexander Pesic *et.al*
doi:10.1038/ja.2014.16

New diketopiperazine derivatives from a deep-sea-derived *Nocardiopsis alba* SCSIO 03039

Qingbo Zhang *et.al*
doi:10.1038/ja.2012.88

Find more selected articles online at: http://www.nature.com/ja/focus/newlydiscovered

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 12 نوفمبر 2015
طالع نصوص الأبحاث فى عدد 12 نوفمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الأعصاب

آلية تنظيم القلق والخوف

يُعتقد أن تنظيم الخوف والقلق بواسطة منطقة اللوزة خاضع للتحكم من أعلى إلى أسفل بواسطة القشرة الجبهية الأمامية الوسطى (mPFC)، ولكن الأهداف الدقيقة لمنطقة اللوزة من المناطق الفرعية للقشرة الجبهية الأمامية الوسطى في هذه العملية ليست راسخة، حيث يُظهِر كارل ديسيروث وزملاؤه أن اللوزة الوسطية القاعدية - بدلًا من الخلايا المقحَمة - هي هدف رئيس للقشرة الجبهية الأمامية الوسطى البطنية في الفئران، وأن تنشيط مسار القشرة الجبهية الأمامية الوسطى البطنية/اللوزة الوسطية القاعدية يؤدي إلى تثبيط القلق، والتجمد المرتبط بالخوف. ويشير هذا إلى اللوزة الوسطية القاعدية كهدف جديد لعنصر التحكم من أعلى إلى أسفل.

Basomedial amygdala mediates top -down control of anxiety and fear
A Adhikari *et al*
doi: 10.1038/nature15698

أحياء خلوية

بِنْية قناة أيون البوتاسيوم

تم تحديد بِنْيَة قناة أيون البوتاسيوم المنشَّطة بأيون الصوديوم Slo2.2 بالكامل، وذلك باستخدام مجهر الإلكترون لفحص العينة بالتبريد، مما أدى إلى الكشف عن الخصائص التي تفسر التوصيل الكهربائي العالي، وآلية حركة أبواب الخلية لعائلة قناة K^+ Slo. كما أن Slo2.2 موجود في عديد من الخلايا العصبية، حيث يعمل كمنظِّم لردود الفعل السلبية للاستثارة، عن طريق حساسيته لأيون الصوديوم، وفاعلية توصيله العالي لأيون البوتاسيوم. وترتبط الطفرات في الجين الذي يرمز لبروتين Slo2.2 بعدد من الإعاقات الذهنية، بما في ذلك بعض أنواع الصرع.

Cryo-electron microscopy structure of the Slo2.2 Na^+-activated K^+ channel
R Hite *et al*
doi:10.1038/nature14958

النقائل البعيدة تنخفض بالإجهاد

على الرغم من أن الخلايا السرطانية الصلبة ـ مثل خلايا السرطان الصبغية ـ تدخل بسهولة إلى نظام الدورة الدموية، إلا أنها ليست فعالة في تشكيل النقائل في المواقع البعيدة عن الأورام الأصلية. ويوضح شون موريسون وزملاؤه أن خلايا السرطان الصبغية البشرية التي نَمَتْ في الفئران تعاني من مستويات عالية من الإجهاد المؤكسد في مجرى الدم، حيث إن بعض الخلايا النقيلية يبقى على قيد الحياة لتشكيل الأورام، بينما الخلايا السرطانية الصبغية النادرة التي يحدث عندها الانتقال بنجاح تخضع لتغيرات في التمثيل الغذائي، تزيد قدرتها على الصمود في وجه هذه الضغوط. كما تزيد العلاجات المضادة للأكسدة من تكوين النقائل، عن طريق خلايا السرطان الصبغية البشرية، في حين تثبط المسارات المضادة للأكسدة التي لها تأثير معاكس.

Oxidative stress inhibits distant metastasis by human melanoma cells
E Piskounova *et al*
doi:10.1038/nature15726

دور إيجابي لتلف الحمض النووي

ليست كل أضرار تلف الحمض النووي ظاهرة كالكسور؛ فعلى سبيل المثال.. الأشعة فوق البنفسجية والأدوية يمكنها تعديل قواعد الحمض النووي، وتحتاج هذه المواضع أيضًا إلى إصلاح، حيث يتعرف كثير من إنزيمات الإصلاح على مواقع الخطأ، عن طريق قواعد "التقليب"، وتُوضع في جيب، بغرض التحقق مما إذا كانت تالفة، أم لا. وقد قام براندت إيخمان وزملاؤه مؤخرًا بتحليل بِنَى بلّورية متعددة من الحمض النووي glycosylase AlkD من البكتيريا *Bacillus cereus* المقيدة إلى الأحماض النووية، التي تحتوي على مختلف القواعد المعدلة. وقد فُوجئوا بأن كلًّا منهما لا ينطوي على التعرف، ولا التحفيز على تقليب القاعدة. وبدلًا من ذلك.. يفحص الحمض النووي AlkD العمود الفقري لمركّب فسفوريبوز منزوع الأكسجين، بغرض زيادة الشحنة الموجبة التي تقدِّمها القاعدة الألْكَيْلِيّة، ثم يستخدم الشحنة الموجبة؛ لتسهيل انشقاق الروابط الجليكوزيدية. وتفسر هذه النتائج خصوصية الحمض النووي AlkD للأخطاء الموجبة.

The DNA glycosylase AlkD uses a non-base-flipping mechanism to excise bulky lesions
E Mullins *et al*
doi: 10.1038/nature15728

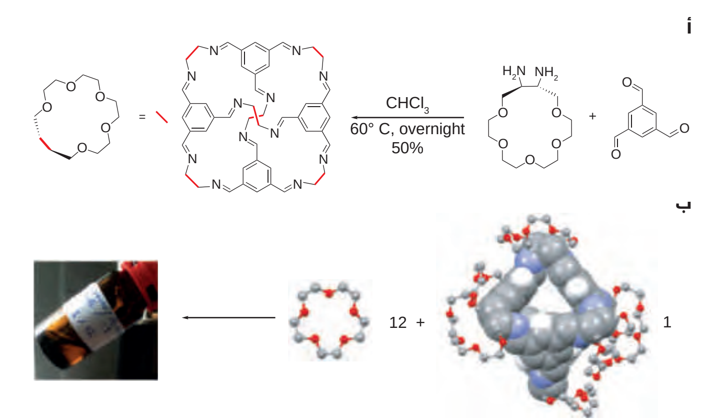
كيمياء

مادة مسامية، ولكنها سائلة

بشكل عام، تُكوِّن المواد المسامية في جوهرها ـ وهي التي تتكون من جزيئات منظمة بِنَى مشابهة للقفص ـ مواد صلبة عند درجات الحرارة النافعة. وقد تم توصيف القليل من الجزيئات القابلة للتسييل والصلبة المحتوية على فجوات، ولكنها لم تحتو على مسام دائمة، كما السوائل التي تتدفق حتمًا لملء أي فراغات متاحة. وقد طوَّر نيكولا جيري وزملاؤه نوعًا جديدًا من "السوائل المسامية" المتكونة من تركيز مرتفع من جزيئات الأقفاص المعدَّلة بإكليل من مذيب الأثيري، تَجَمَّع لتوليد فجوات دائمة غير مشغولة بالطور السائل. وقد بيَّنَ الباحثون أن هذا السائل غير المتدفق يمكنه إذابة غاز الميثان بطريقة أكثر كفاءة من السوائل غير المسامية، حيث تمتلك السوائل المسامية إمكانات بتطبيقات، كالعوامل الحفازة، والاستخلاص، واستخراج الغاز، أو الفصل.

Liquids with permanent porosity
N Giri *et al*
doi: 10.1038/nature16072

الشكل أسفله | إعداد السائل المسامي.
أ، توليد قفص التاج الإثيري. **ب**، يُعرِّف الجزيء القفصي القابل للذوبان بشدة، والفارغ على اليسار الفراغ المسامي؛ بينما يوفر المذيب -15تاج5- الأوسط المميوعة، ولكنه لا يستطيع الدخول في فجوات القفص. يتدفق المحلول المركّز (السائل المسامي) عند درجة حرارة الغرفة، على اليمين. المفتاح: C، الرمادي؛ O، الأحمر؛ N، الأزرق؛ H، الأبيض. يسلط أداء ملء الفراغات الضوءَ على لب القفص. يمثل أداء الكرة والعصا بدائل التاج الإثيري على القفص والمذيب -15تاج5-. تم حذف كل ذرات الهيدروجين، عدا تلك المرتبطة بالحلقات الأروماتية لمركّب القفص، من أجل الوضوح.



فيزياء

شذوذ مادة منخفضة النفاذ المغناطيسي

يَصِف تأثير هول ـ كما هو شائع ـ فرق الجهد الذي يتراكم عبر موصِّل عند تدفق تيار كهربي في وجود مجال مغناطيسي. تُلاحَظ أحيانًا ظاهرة مشابهة ـ تُعرَف بتأثير هول الشاذ ـ بالمواد مرتفعة النفاذ المغناطيسي، تحتوي على مغناطيسية داخلية، ويحدث ذلك حتى في غياب مجال مغناطيسي خارجي. لا يجب أن نتوقع مثل هذا التأثير عادةً في المواد منخفضة النفاذ المغناطيسي antiferromagnets، التي لا تمتلك مغنطة بالطور صفريّ المجال. يبيِّن ساتورو ناكاتسوجي وزملاؤه إمكانية رؤية مثل هذا التأثير غير المتوقع في المادة منخفضة النفاذ المغناطيسي Mn_3Sn، كنتيجة لترتيب غير معتاد ومعقد لعزومه المغناطيسية التأسيسية، وذلك بطريقة مستوحاة من أفكار نظرية حديثة تهتم بالأصول التفصيلية لتأثير هول الشاذ. إنّ التأثير ليس ضخمًا فقط (قابل للمقارنة بذلك الخاص بالمعادن مرتفعة النفاذ المغناطيسي)، ولكنه أيضًا قابل للتبديل بواسطة مجال مطبق ضئيل، وهي مزيج من الخواص التي قد تكون مفيدة للتطبيقات الإلكترونية المغزلية.

Large anomalous Hall effect in a non-collinear antiferromagnet at room temperature

S Nakatsuji *et al*

doi: 10.1038/nature15723

كيمياء حيوية

تحليل اختلال معزِّز بروتين *BCL11A*

بروتين *BCL11A* هو المثبط النسخي الذي يمنع التعبير عن جينات جلوبين الجنينية في البالغين، وهو الهدف العلاجي المحتمل لعلاج الاعتلالات البيتا جلوبينية (β-globinopathies)، مثل بيتا ثلاسيميا، ومرض الخلايا المنجلية، حيث يخضع معزز بروتين *BCL11A* للتنوع الجيني المشترك المرتبط بمستوى الهيموجلوبين الجنيني. استخدم دانيال باور وزملاؤه تقنية "كريسبر-كاس9" لأداء طفرات التشبع لمعززات بروتين *BCL11A* في الإنسان والفأر، مما يؤدي إلى إنتاج الخريطة التي تكشف عن المناطق الحرجة، ونقاط الضعف المحددة. وقد تحقَّقوا من وجود خلل في معزز بروتين *BCL11A* بواسطة تقنية "كريسبر-كاس9"، وذلك كاستراتيجية علاجية لتحفيز الهيموجلوبين الجنيني، عن طريق تطبيقه في خلايا الأرومة الحمراء الأولية للبشر والفئران.

***BCL11A* enhancer dissection by Cas9-mediated *in situ* saturating mutagenesis**

M Canver *et al*

doi:10.1038/nature15521

الشكل أعلاه | القياسات الضوئية لعبور GJ 1132b. المنحنيات الضوئية من كاميرات/ تليسكوبَي "ترابيست" TRAPPIST و"بيسكو" PISCO بالجنوب الأرضي-M، التي تلاءمت مع نموذج العبور (الخطوط الرمادية) ونموذج ضجيج العملية الجاوسية (مطروحًا من هذا المخطط)، كذلك تم أخذ المتوسط لوحدات من 1.5 دقيقة للوضوح البصري. وبالنسبة إلى الجنوب الأرضي-M، تم عرض كل من ترصُّد "الاكتشاف" الابتدائي المنطلق والترصُّد اللاحق "التابع". تشير العلامات إلى حدث العبور (مع *E* كعدد صحيح للفترات الكوكبية والجنوب الأرضي-M، لعدد التليسكوبات المستخدمة. تتناسب عتامة نقاط الوحدات عكسيًّا مع التباينات المسندة إليها، التي تمثل الأوزان التقريبية بملاءمة النموذج. وتم تقديم مصفوفة البيانات والتفاصيل الخاصة بالملاءمة بالطرق. وتشير ´g، و ´i إلى ممرات الحِزَم الطول موجية المستخدَمة بواسطة كاميرات تليسكوب "بيسكو".

فلك

كوكب صخري قريب بحجم الأرض GJ1132b

أبلغ زاكوري بيرتا-تومسون وزملاؤه عن ترصُّد لكوكب GJ 1132b، وهو كوكب بنصف قطر 1.2 نصف قطر أرضي، يَعْبُر مبتعِدًا عن نجم صغير بـ12 فرسخًا نجميًّا. يُثْبِر قياس كتلة دوبلر لكوكب GJ 1132b كثافة تتسق مع تركيب حديدي/ صخري شبه أرضي. والكوكب ساخن للغاية، على أن يكون قابلًا للسكن، لكنه بارد بما يكفي لدعم غلاف جوي جوهري. ستكون التليسكوبات الحالية والمرتقبة قادرة على رصد تركيب وديناميات الغلاف الجوي الكوكبي، لأن النجم المضيف قريب.

A rocky planet transiting a nearby low-mass star

Z Berta-Thompson *et al*

doi: 10.1038/nature15762

وظيفة مزدوجة لمستقبِل الشَّمّ

يظهر هنا أن مستقبِل الشم 78 لمستقبِل بروتين G المقترن (Olfr78) منخرط في الاستشعار بنقص الأكسجين في الدم، حيث يتم التعبير عن المستقبِل في جسم الشريان السباتي، وكذلك في الأنف. ويتم تنشيط المستقبِل بواسطة اللاكتات التي تتراكم عند انخفاض الأكسجين، وكذلك عند عجز مستقبِل (Olfr78) في الفئران المعرَّضة للطفرات عن زيادة التنفس في حالات نقص الأكسجين. ويثير هذا الاستنتاج احتمال أن الناهضات الاصطناعية، ومناهِضات مستقبِل (Olfr78) قد تكون ذات فائدة في السيطرة العلاجية على التنفس، وكذلك الاستجابات الأخرى التي تسيطر عليها.

Oxygen regulation of breathing through an olfactory receptor activated by lactate

A Chang *et al*

doi: 10.1038/nature15721

علم الحيوان

استخدام منتجات النحل قبل بدء الزراعة

أظهرت خلية نحل في قَطْع أجوف في جبال السيفين بفرنسا خصائص قرص عسل دائري لنحلة العسل *Apis mellifera*. لقد تمتَّع النحل والبشر بعلاقة طويلة الأمد معًا، كما يتضح من الأيقونات المرئية للنحل في الفنون الصخرية واللوحات الفنية المصرية القديمة، وكذلك المنحوتات، وبضعة تقارير متفرقة عن وجود شمع العسل في السياقات الأثرية، ولكن متى أصبح هذا الارتباط شائعًا؟ استخدمَتْ ميلاني روفت-سالك وزملاؤها التوقيع الكروماتوجرافي الغازي الدليلي لشمع العسل من بقايا الشحوم المحفوظة في الأواني الفخارية لرسم استخدام شمع العسل عبر العصر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الحجري الحديث في أوروبا، والشرق الأوسط، وشمال أفريقيا. كما أوضحوا استخدامه المستمر واسع النطاق المحتمَل في بعض الأماكن لمدة 8,000 سنة، أو أكثر. ولهذا.. يعود الارتباط إلى بدايات الزراعة، وربما إلى وقت سابق للزراعة.

Widespread exploitation of the honeybee by early Neolithic farmers

M Roffet-Salque *et al*

doi: 10.1038/nature15757

وراثة

إعادة البرمجة فوق الجينية

يمكن أن تكون استجابة مرضى السرطان للعلاج المناعي متغيرة، حيث افترض وويبينج زو وزملاؤه أن جينات التوقيع الواقية المناعية يمكن إخمادها من منظور جيني فوقي في السرطان، وبالتالي يعزز هذا العلاج تطور السرطان، ويصد الاستجابة الإكلينيكية للعلاج المناعي. ولاختبار هذه الفكرة... عالج الباحثون سرطان المبيض في نماذج الفأر باستخدام العوامل التي تثبط المنظِّمات فوق الجينية، مثل EZH2، وDNMT1. ووجدوا أن تثبيط EZH2، وDNMT1 يزيد من تعبير الكيموكينات الالتهابية 10/CXCL9؛ مما أدى إلى تعزيز ارتشاح الورم، عن طريق الخلايا التائية للمستجيب، وتباطؤ تطور الأورام.

Epigenetic silencing of T H 1-type chemokines shapes tumour immunity and immunotherapy

D Peng *et al*

doi: 10.1038/nature15520

أحياء تطورية

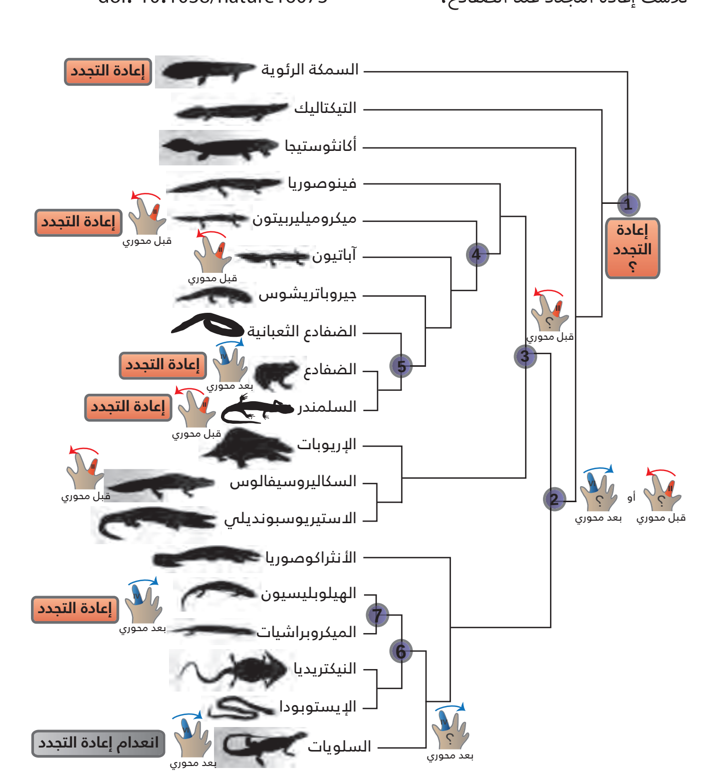
إعادة التجدد أتت مبكِّرة في البرمائيات

إنّ حيوانات السلمندر فريدة من نوعها بين رباعيات الأطراف، وتستطيع تجديد أطرافها والذيل بالكامل، وهي القدرة التي قد تكون مرتبطة بنمطها قبل المحوري الفريد للتطور الطرفي، حيث تميل الأصابع الأولى والثانية إلى التطور قبل الأخريات. تبرهن ناديا فروبيش وزملاؤها على وجود استقطاب قبل محوري بالبرمائيات المختلفة بالحقب الكربونية والبرمية Permian. وتم الإبلاغ عن إعادة تجدُّد طرفي بواحدة من تلك الأشكال، مما يبرهن على أن الخاصِّيَّتين وُجدتا معًا في البرمائيات منذ 290 مليون عام. وتشير تلك الاكتشافات إلى أن إعادة تجدد أشباه السلمندر خاصية غابرة لرباعيات الأطراف، التي كانت قد فُقدت بعد ذلك مرة واحدة على الأقل بالسلالة المؤدية إلى السلويات amniotes. وحيوانات السلمندر هي رباعية الأطراف الوحيدة التي احتفظت بقدرتها على إعادة التجدد والاستقطاب قبل المحوري بالتطور الطرفي.

Deep-time evolution of regeneration and preaxial polarity in tetrapod limb development

N Fröbisch *et al*

doi:10.1038/nature15397



الشكل أسفله | شجرة تطور السلالات التي تصور المجموعات الرئيسية لرباعيات الأطراف. (1) لحميات الزعانف؛ (2) المجموعة التاجية رباعية الأطراف؛ (3) التيمنوسبونديلي؛ (4) الديسوروفويديا؛ (5) الليسامفيبيا؛ (6) الليبسوبونديلي؛ (7) ميكروصوريا. تشير الأيدي اليمنى المنمنمة إلى التطور الطرفي الاستقطابي قبل أو بعد المحوري الذي تم الإبلاغ عنه. لا يمكن إعادة بناء كلا من الاستقطاب القبل أو البعد محوري كما في طور البليزيمورفي لرباعيات الأطراف (العقدة 2). يشير الرمز "Reg" إلى إعادة تجدد شبيه السلمندر؛ تلاشت إعادة التجدد عند الضفادع؛ لأن لديها قدرات إعادة تجدد بالأطراف والذيول فقط بمراحل الشرغوف حتى تصل إلى ذروتها التحولية؛ يشير الرمز "No Reg." إلى أن القدرة على إعادة التجدد غائبة، بالنسبة للأصناف دون مربع، لا توجد بيانات متاحة حاليا حول القدرة على إعادة التجدد.

فيزياء كمية

الذرات المتعادلة تتشابك

تم التعرف على الذرات المتعادلة بالملاقيط البصرية كَلَبِنَات بناء واعدة للحواسب الكمية، ولكن هناك شرط أساسي لاستخدامها بِبِنْيَة الحوسبة الكمية، وهو إمكانية توليد التشابك بين الذرّات بالملاقيط البصرية المختلفة والحفاظ عليها. يبيِّن كيندي ريجال وزملاؤه كيفية تخليق أطوار غزل متشابك بين الذرات المتعادلة بالملاقيط البصرية المختلفة، وإدارتها للحفاظ عليها، حتى إذا كانت الملاقيط منفصلة. يعني هذا أن التشابك بين البِتّات الكمية المتباعدة يمكن تخليقه عن طريق عمليات محلية، وهو ما يمكن أن يصبح تقنية مهمة في معالجة المعلومات الكمية.

Entangling two transportable neutral atoms via local spin exchange

A Kaufman *et al*

doi: 10.1038/nature16073

جيولوجيا

نطاقات الاندساس الأُولى

استخدم تاراس جيريا وزملاؤه نماذج ميكانيكية حرارية عددية ثلاثية الأبعاد عالية الدقة؛ ليبرهنوا على أن نفثات الوشاح صخرية ربما تكون قد أسست مناطق الاندساس الأولى، حيث اكتشفوا أن عوامل عديدة قد تضافرت لتطلِق اندساسًا قائمًا بذاته (طبقة ليثوسفير محيطية طافية سلبيًّا وقوية، وإضعاف مغناطيسي مركّز، وترقيق طبقة الليثوسفير فوق العمود النفثي، وتزييت واجهة اللوح بواسطة القشرة المائية). وقد خلص الباحثون أيضًا إلى أن الاندساس المستحث بواسطة العمود النفثي كان ممكنًا فقط بالأرض المبكرة الأكثر سخونة بالنسبة إلى الألواح المحيطية، بينما فضَّلت الألواح اليافعة التقطر الليثوسفيري العرضي، عوضًا عن الاندساس القائم بذاته، وتكتونيات اللوح العالمية.

Plate tectonics on the Earth triggered by plume -induced subduction initiation

T Gerya *et al*

doi: 10.1038/nature15752

علم المناخ

كلفة مناخ احتراري

يمكن لدرجة الحرارة، وبالتالي للتغير المناخي، أن تؤثر على الإنتاجية الاقتصادية الوطنية، ولكن ليس من الواضح ما إذا كانت الأوطان الغنية أو الفقيرة أو الجوانب المختلفة للإنتاجية الاقتصادية تُظهِر علاقات متشابهة.استخدم هؤلاء الباحثون بيانات اقتصادية من 166 دولة للأعوام من 1960، حتى 2010؛ للكشف عن علاقة غير خطِّية عالمية توفق بين النتائج السابقة. تَبْلُغ الإنتاجية الاقتصادية الذروة بمتوسط درجة حرارة سنوي يبلغ 13 درجة مئوية، ويستكشف الباحثون احتمالات التقلص الاقتصادي العالمي في ظل سيناريوهات الاحترار المستقبلي.

Global non-linear effect of temperature on economic production

M Burke *et al*

doi:10.1038/nature15725

علم المناعة

آلية عمل مثبطات بروتين NS5A

يستطيع دواء داكلاتاسيفير (daclatasivir) ـ الذي تمت الموافقة عليه مؤخرًا ـ أن يقلل بنجاح الحمل الفيروسي في المرضى المصابين بفيروس التهاب الكبد الوبائي سي، عن طريق تثبيط مركب نسخ البروتين غير البنيوي(NS5A) للفيروس، وذلك على الرغم من أن الطفرات المقاومة لمثبط بروتين NS5A في مرض التهاب الكبد الوبائي) سي) تنشأ في بعض الحالات. وقد تَبَيَّن مين جاو وزملاؤه الآن أن الجمع بين دواء داكلاتاسيفير، ونظير البروتين(NS5A) يمكن أن يعزز فاعلية دواء داكلاتاسيفير. كما يتغلب الجمع بينهما أيضًا على المقاومة في المختبر، وفي نموذج الفأر. وقد وضع الباحثون نموذجًا لشرح هذا التأثير، حيث إن تقييد المثبط إلى بروتين NS5A يؤدي إلى تغيير في الهيئة، يتم إرساله إلى جزيئات بروتين NS5A المجاورة، لاستعادة حساسية الأدوية للجزيئات المقاومة.

Resensitizing daclatasvir-resistant hepatitis C variants by allosteric modulation of NS5A
J Sun *et al*
doi: 10.1038/nature15711

فسيولوجيا الخلية

بِنْيَة ناقل السكر "سويت" SWEET

تنخرط ناقلات السكر "سويت" SWEET في العمليات المختلفة في النباتات، وكذلك في نقل الجلوكوز في الحيوانات، حيث أورد الباحثون أول بِنْيَة بلورية بالأشعة السينية لناقل السكر "سويت" حقيق النواة، وهو ناقل جلوكوز فَجْوِيّ من الأرز. وتبين البِنْيَة (للحالة المفتوحة إلى الداخل) أن هذا الناقل يشكل "تريمرات" متماثلة، ثلاثية الوحدات. فهو يحتوي على سبعة لوالب عبر غشائية ـ خلافًا لثلاثي اللوالب، الذي ورد ذكره عند المتجانسات البكتيرية ـ مما يشير إلى وجود الأساس الجزيئي لفهم الحديث التداخلي الوظيفي، واقتران ناقلات "سويت".

Structure of a eukaryotic SWEET transporter in a homotrimeric complex
Y Tao *et al*
doi:10.1038/nature15391



غلاف عدد 19 نوفمبر 2015
طالع نصوص الأبحاث في عدد 19 نوفمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

فيزياء

مضادات البروتون في ذَرّات الذهب

القُوَى التي تعمل بين الأنوية الذرية معروفة تجريبيًّا بقَدْر كبير من الدقة، لكن تلك التي تعمل بين مضادات الأنوية تم البرهنة على صعوبة قياسها. وقد تم الكشف من قبل عن مضادات الأنوية، ولكن إنتاجها بكميات كافية لقياس التفاعلات بينها يُعَدّ تحديًا تقنيًّا كبيرًا. ونجحت هنا تجربة "ستار" STAR ـ التي تعمل مع مصادم الأيونات النسبية الثقيلة بمختبر بروكهافن الوطني ـ في قياس تفاعل مضادات البروتون. وتم إنتاج مضادات البروتون بمصادمة ذرات ذهب عالية الطاقة. ويبين الباحثون أن تفاعل مضاد البروتون كان تجاذبيًّا، وقاموا بقياس معيارين مهمّين يُعَدّان من سمات هذا التفاعل، وهما طول التشتت، والمدى الفعال. وتحقِّق النتائج كميًّا تماثل المادة-المادة المضادة، وتفتح الآفاق لمزيد من اختبارات الدقة.

Measurement of interaction between antiprotons
L Adamczyk *et al*
doi: 10.1038/nature15724

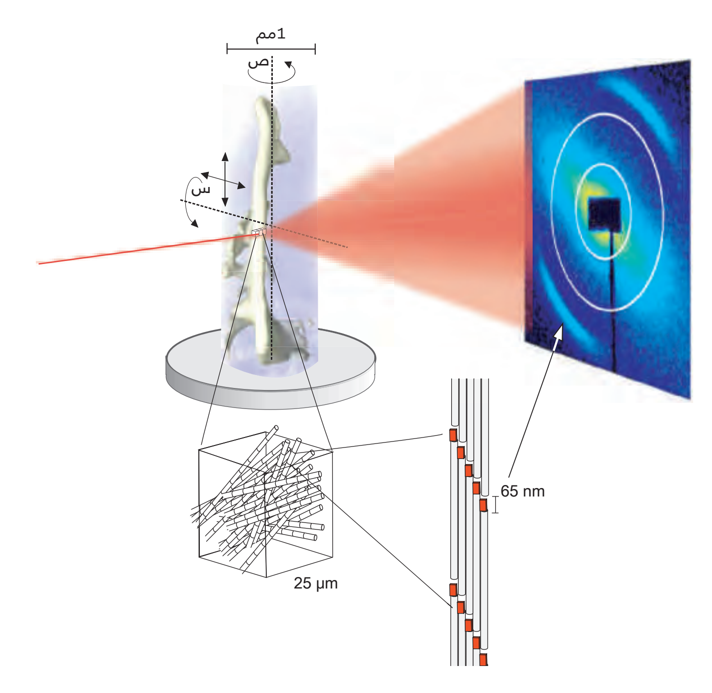
تقنيات تشتُّت الأشعة السينية

تم التحقق من التركيب الدقيق والتوجه الليفي للكولاجين في عيِّنَة عظام تربيقية trabecular بشرية، بواسطة تشتُّت أشعة سينية ضئيلة الزاوية، ثلاثية الأبعاد. ويمكن لتشتُّت الأشعة السينية ضئيل الزاوية (SAXS) ـ من حيث المبدأ ـ سَبْر الترتيب الهيكلي عبر مدى واسع من النطاقات الطولية، من النطاق النانوي، حتى المرئي، ولكن تظل الطريقة التجريبية، ومخطَّط التحليل للحصول على صور ثلاثية الأبعاد ـ بينما نحافظ على معلومات التوجه نانوي البِنْيَة ـ بعيدًا عن المنال. تقوم ورقتان بحثيتان في دورية *Nature* بجمع مبادئ التصوير الشعاعي الطبقي المختلفة مع تشتت الأشعة السينية ضئيل الزاوية؛ للحصول على تلك المعلومات. حيث تقدِّم ماريان ليبي وزملاؤها نموذجًا عامًّا قابلًا للتطبيق، يمكنه وصف بيانات تشتُّت الأشعة السينية ضئيل الزاوية، وكيفية مراعاة التماثل الذاتي لكثير من العيِّنات محل الاهتمام ـ كالتوجُّه المفضل لألياف الكولاجين بالعظام التربيقة البشرية، التي قاموا بدراستها ـ التي يمكنها جعل العملية أكثر قابلية للإدارة. ويقدم الإجراء الذي أجرته فلوريان شاف وزملاؤها فرضية محاور التصوير الشعاعي الطبقي الافتراضية، التي تسمح بتنظيم هذا الكَمّ الهائل من البيانات؛ للتمكين من إعادة بناء مستقلة مباشرة لكل مكوِّن فراغي تبادلي. وعلى سبيل المثال.. قاموا بعرض توجُّه وشدة تشتُّت الكولاجين المُمَعْدَن بسن بشري، تم تحليلها فراغيًّا على مدى عدة مِلّيمترات.

Nanostructure surveys of macroscopic specimens by small-angle scattering tensor tomography
M Liebi *et al*
doi: 10.1038/nature16056

Six-dimensional real and reciprocal space small-angle X-ray scattering tomography
F Schaff *et al*
doi: 10.1038/nature16060

الشكل أسفله | مخطط التجهيز التجريبي للتصوير المقطعي للموتِّر
SAS. تم مسح العينة عبر نبضة قلم أشعة سينية (25 X25 ميكرومترًا مربع) عند توجهات مختلفة للعينة، بينما يقوم كاشف ثنائي الأبعاد بتسجيل نمط SAS لكل نقطة مسح. يتم قياس زوايا الميل المختلفة حول المحور السيني، إضافة إلى الدوران حول المحور الصادي للتصوير المقطعي. يتم تقسيم حجم العينة إلى أحجام ثانوية صغيرة (فوكسيل)، حيث يتم تحديد حجمها من خلال عرض نبضة قلم الأشعة السينية، وذلك لأجل إعادة بناء التصوير المقطعي. يسبر إطار الكاشف نطاقات الطول التركيبية الدقيقة من بضعة نانومترات، حتى بضع مئات من النانومترات. يسمح هذا بسبر ألياف الكولاجين المتمعدنة، كما هو موضح. وقد تم تسليط الضوء على انعكاس براغ المميز بواسطة سهم، يبدأ من ترتيب منتظم من فجوات تبلغ 65 نانومترًا، على وجه التقريب، تحتوي على بلورات معدنية. ينشأ تشتُّت المنظور الجانبي مروحي الشكل العمودي عليه عن الشكل والحجم والترتيب الجانبي لبلورات المعدن، ويتأثر في النطاق المفحوص (الموضح من خلال دوائر بيضاء)، عن طريق الرّص الجانبي لألياف الكولاجين.



أحياء مجهرية

نَهْج جديد يستهدف بكتيريا مُمْرِضة

لا زالت السلالات المقاومة للمضادات الحيوية من بكتيريا *Staphylococcus aureus* ـ مثل تلك المقاوِمة للميثيسيلين MRSA ـ تثبت صعوبة متزايدة في علاجها. وتؤكد هذه الدراسة أن أحد أسباب ذلك هو قدرة البكتيريا على استيطان مستودعات داخل الخلايا، محمية من تأثير المضادات الحيوية. وللتصدي لهذا الحاجز، طَوَّر الباحثون استراتيجية جديدة تعتمد على الأجسام المضادة - المضادات الحيوية المقترنة (AAC) - خصيصًا لاستهداف هذه المستودعات، حيث يتم تقييد الجسم المضاد بأحماض الجدار الخلوي على سطح خلايا البكتيريا. ويؤدي الاستيعاب الداخلي للبكتيريا المتعرضة للمضادات الحيوية المقترنة بواسطة الخلايا المضيفة إلى إزالة الرابط بين الأجسام المضادة والمضادات الحيوية، وذلك بواسطة إنزيم بروتييز المضيف، ثم إطلاق المضادات الحيوية في شكلها النشط. كما أن جرعة واحدة من المضادات الحيوية المقترنة أثبتت فاعلية في نموذج الفأر الذي يحمل بكتيريا مُمْرِضة في دمه، وتفوقت على استخدام المضاد الحيوي "فانكومايسين"، وهو المعيار الحالي للرعاية من الإصابة بالبكتيريا المقاوِمة للميثيسيلين. وهذه النتائج هي إثبات لإمكانية استخدام ناقلات الأجسام المضادة، لتسليم المضادات الحيوية الحالية بالطريقة التي يمكن أن تضمن استمرار نجاحها الإكلينيكي.

Novel antibody–antibiotic conjugate eliminates intracellular *S. aureus*
S Lehar *et al*
doi: 10.1038/nature16057

كيمياء حيوية

بِنْية مستقبل $InsP_3$

حدَّدت إيرينا سيريشيفا وزملاؤها بِنْيَة مستقبِل ١، ٤، 5 – ثلاثي الفوسفات من النوع الأول من إينوزيتول الثديبات (IP_3R)، وذلك باستخدام مجهر إلكترون تبريد العيِّنة في حالة خالية من الروابط عند درجة وضوح 4.7 أنجستروم. ومستقبِل IP_3Rs يُعَدّ مسؤولًا عن إشارات أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) في العصارة الخلوية، كما أنه عامل مشترك في مجموعة واسعة من الوظائف الفسيولوجية. وتكشِف البِنْيَة عن وجود مسار توصيل أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) مماثل لذلك الموجود في القنوات الأيونية الأخرى، بما في ذلك مستقبِل الريانودين، ولكن البِنْيَة الفريدة لمجالات النهاية الطرفية الكربونية للقناة رباعية القسيمات تشير إلى آليّة تفارغية مميزة لتنشيط تبوُّب مستقبِل IP_3R.

Gating machinery of $InsP_3R$ channels revealed by electron cryomicroscopy
G Fan *et al*
doi:10.1038/nature15249



تطور

الفروق اللونية بين ذكور وإناث الطيور

يمكن لنظرية الانتقاء الجنسي أن تفسِّر ظاهرة زيادة التلون والتزيُّن في ذكور الطيور، مقارنةً بالإناث، لكنها لا تفسر لماذا لا يسود هذا النمط دائمًا، ولماذا يتراوح هذا الاختلاف بين الجنسين بين الأنواع. وقد طَوَّر جيمس ديل وزملاؤه طريقة لقياس تلوُّن وتزيُّن جميع الأنواع البالغ عددها ما يقرب من 6,000 من الطيور الجواثم؛ لاختبار التفسيرات البديلة. وقد اكتشف الباحثون أن الأنماط بكلا الجنسين مرتبطة إلى حد كبير، إلا أن بعض سمات تاريخ الحياة ـ كحجم الجسد الضخم، والتوزيع المداري للطيور ـ يزيد من الألوان بكلا الجنسين، في حين أن التكاثر التعاوني يؤدي إلى زيادة التلون بالإناث فقط، أمَّا الانتقاء الجنسي، فيقلل من ظاهرة التلون في الإناث، ويرفعه في الذكور.

The effects of life history and sexual selection on male and female plumage colouration
J Dale *et al*
doi: 10.1038/nature15509

الشكل أعلاه | الاختلاف بين الأنواع من حيث تلون ريش الطيور. أ-د، تُظْهِر الطيور تشكيلة مذهلة من أنماط الألوان. فالريش شديد الزرقة لذكور هاينان الزرقاء صائدة الذباب *Cyornis hainanus* (**أ**) أكثر زرقة بشكل كبير من ريش الإناث (**ب**) بهذين النوعين ثنائي التلون بشدة جنسيًّا. وفي المقابل، صائدة الذباب *Bradornis pallidus* أحاديّة التلون، سواء ذكورًا (**ج**) أم إناثًا (بدون صورة) تبدو باهتة الألوان. يمكن لأنواع أحادية التلون أخرى ـ بالرغم من ذلك ـ أن تكون مزخرفة بشدة، فعلى سبيل المثال.. إناث الطيور المغردة الحمراء *Cardellina ruber* (**د**) تمتلك درجة من الزخرفة، تُنَافِس ذكور هاينان من صائدة الذباب الزرقاء (سجل الريش: 71.3، و 71.7 على التوالي). والسبب التطوري لهذا التنوع ليس مفهومًا جيدًا. حقوق الصور: **أ**، س. كونجيتثايا؛ **ب**، م. و ب. وونج؛ **ج**، م. جودي؛ **د**، س. كولنوت.

توليف الهيدرازين الحيوي

الهيدرازين هو مادة تتوسط عملية "الأكسدة الأمونيومية اللاهوائية" anammox، التي تلعب دورًا رئيسًا في دورة النيتروجين الأرضية. ويستعرض بعض الباحثين بِنْيَة بلورية بدقة 2.7 أنجستروم لإنزيم سينثيز الهيدرازين متعدد البروتين، والمركب المعزول من كائن *Candidatus Kuenenia stuttgartiensis*. ووُجِد أن تلك البِنْيَة توفر نظرة ثاقبة لآلية توليف الهيدرازين.

The inner workings of the hydrazine synthase multiprotein complex
A Dietl *et al*
doi:10.1038/nature15517

علم المناخ

مؤثر حراري وراء قِلَّة الأكسجين المحيطي

تظل العمليات المسؤولة عن دفع تمدد النطاقات الدنيا للأكسجين المحيطي ـ تُعرف أيضًا بالنطاقات ناقصة التأكسد hypoxic، أو النطاقات "الميتة" ـ غير مؤكدة. تصف تلك الورقة البحثية حدثَي احترار أثناء انتقال الانحسار الجليدي الأخير، الذي يتزامن مع التحول إلى نقص الأكسدة، وذلك اعتمادًا على بيانات اللب الرسوبي من خليج ألاسكا. وتشير البيانات إلى أن قابلية الذوبان الأكسجينية المختزلة كانت ناتجة عن الاحترار المناخي، الذي كان سببًا في بدء تمدد النطاق الأدنى للأكسجين في شمال المحيط الهادئ، وهو ما أدَّى إلى زيادة الإنتاجية البحرية، وتصدير الكربون، وبالتالي مزيد من الاختزالات في مستويات الأكسجين المذاب.

North Pacific deglacial hypoxic events linked to abrupt ocean warming
S Praetorius *et al*
doi: 10.1038/nature15753

فلك

كوكب قيْد التكوين

انتهت جميع الكواكب الواقعة خارج المجموعة الشمسية ـ التي تم اكتشافها حتى الآن، والبالغ عددها 1,900 كوكب ـ من طور التكوين. وتُعتبر LkCa 15 منظومة نجمية بكوكبة الثور، التي اجتذبت كثيرًا من الانتباه منذ تم الكشف عن مصادر أشعة تحت حمراء بفجوات شبه حلقيّة بقرصها الكوكبي الأولي، حيث تشير إلى وجود كواكب تراكمية. استخدمت ستيفاني سالوم ـ أثناء بحثها عن كواكب في طور التكون ـ البصريات التكيفية؛ للكشف بطريقة مباشرة عن انبعاث H-α من الرفيق الأعمق لمنظومة (LkCa 15b)، التي تعرض سقوط غاز ساخن (≈ 10,000 كلفن) بعمق البئر الجهدي لكوكب أوَّلي تراكمي. ويرى الباحثون أن تلك الاكتشافات عن جَمْعها مع بيانات الأشعة تحت الحمراء ستبيِّن التكون القاطع لكوكب، واستخلصوا أن منظومة LkCa 15 توفر فرصة مثالية لدراسة تكوُّن كوكبي، وتفاعلات الكوكب-القرص.

Accreting protoplanets in the LkCa 15 transition disk

S Sallum *et al*

doi: 10.1038/nature15761

علم الحيوان

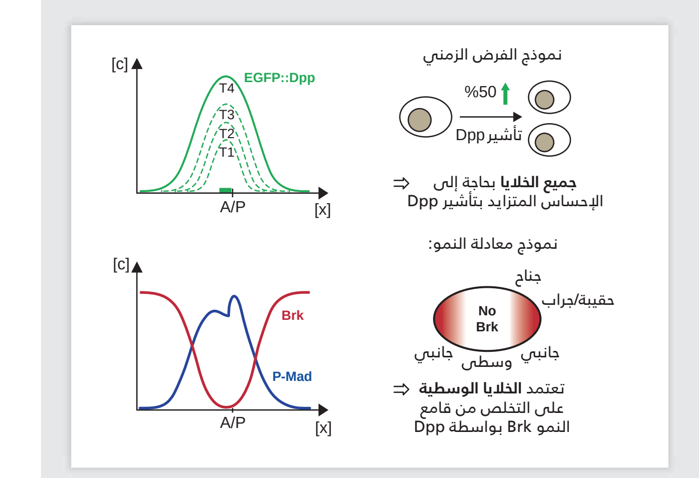
السلائف المبكرة من العرف العصبي

إن الكثير من الميزات التي تجعل من الفقاريات مميزة مستمَدّ من أنسجة جنينية تُسمى العرف العصبي، حيث تبدأ الحياة على حدود الصفيحة العصبية النامية، ثم تهاجر من خلال الجسم. فكيف تطورت هذه الأنسجة الجنينية المميزة؟ حتى وقت قريب، لم يكن هناك أي أثر معروف لذلك في اللافقاريات الأقرب إلى الفقاريات، مثل الغلاليات، والحسكة. برغم ذلك.. فقد تم العثور على دلائل على الخلايا الحدودية العصبية، التي تعبر عن التشابهات المشتركة للجينات ذات الصلة بالصفيحة العصبية المحددة للفقاريات. وهنا، نقل ليونيل كريستيان وزملاؤه الأبحاث خطوة أخرى إلى الأمام، من خلال إظهار أن الخلايا العصبية في يرقة "الشرغوف" من الغلاليات المسماة *Ciona intestinalis* (بخاخ البحر)، تشترك في خصائص مع أعصاب العُقَد العصبية الشوكية المستمدة من العرف العصبي في الفقاريات. وتُستمَدّ سلائف هذه الخلايا من الخلايا الحدودية العصبية الصفيحية الذيلية، وتنفصل وتخضع لعملية هجرة خلايا موجَّهة على طول جانبي الأنبوب العصبي، قبل أن تتفرق إلى محاور عصبية، مما يشير إلى أن الهجرة التي كان يُعتقد في السابق أنها قد تكون فريدة من نوعها للعرف العصبي للفقاريات، لها جذور تطورية أعمق من ذلك بكثير.

Migratory neuronal progenitors arise from the neural plate borders in tunicates

A Stolfi *et al*

doi: 10.1038/nature15758



تقنيات حيوية

تَشَكُّل جناح ذبابة الفاكهة

تحتوي ذبابة الفاكهة على مادة "ديكابنتابليجيك" Dpp، وهي مادة شبيهة بالبروتين الموجود بالعظام، وقد لوحظت مشاركتها في عملية تشكيل الجناح ونموه. تفرز مادة Dpp من شريط مركزي في الجناح النامي، وتشكل تدرُّجًا يُعتقد أنه ضروري في عملية تشكيل الجناح. وقد كانت الكيفية التي تدفع بها مادة Dpp التكاثر عبر الأنسجة بالكامل موضوعًا للنقاش، حيث شاركت فيه مجموعتان، أَوْرَدَتَا ورقتين بحثيّتين مؤخرًا في دورية *Nature*. وقد طوَّر ستيفان هارمانسا وزملاؤه أسلوب فَخّ شكلي، يعتمد على التعبير عن الجسم المضاد للبروتينات الفلورية الخضراء (GFP) المربوطة بالغشاء، بغرض شَلّ حركة مادة Dpp الموسومة ببروتين GFP في منطقة محددة من الجناح. وقد أظهر الباحثون أنه رغم غياب انتشار مادة Dpp، وأثر هذا الغياب على تعطيل تشكيل الجناح، إلا أن الخلايا الجانبية لا تزال تنقسم بشكل طبيعي، وبالتالي استبعدوا دور تدرُّج مادة Dpp في تنظيم النمو الجانبي للجناح. أما تاكويا أكياما، وماثيو جيبسون، فقد استخدما تقنية "كريسبر/كاس9"؛ لاجتثاث تعبير مادة Dpp على وجه التحديد في الشريط. وعلى الرغم من أن الحيوانات الناتجة حملت عيوبًا في شكل الجناح، ظل تكاثر خلاياها ونموها طبيعيًّا نسبيًّا. وهكذا، استبعَدَتْ نتائج الورقتين دورَ مادة Dpp في تحوير نمو الجناح.

Dpp spreading is required for medial but not for lateral wing disc growth

S Harmansa *et al*

doi: 10.1038/nature15712

Decapentaplegic and growth control in the developing *Drosophila* wing

T Akiyama *et al*

doi: 10.1038/nature15730

الشكل أعلاه | نمط التمايز الموحد مستقل عن انتشار مسبِّب التخلق ديكابينتابليجيك (Dpp). العلوي، نموذج الفرض الزمني لمراقبة النمو. السفلي، نموذج معادلة النمو.

كيمياء

وسط تخزين فعّال للميثان

إنّ الغاز الطبيعي ـ الميثان ـ وقود نقي، ورخيص، لكن فائدته في تطبيقات النقل محدودة، نتيجة لمشكلات التخزين، نظرًا إلى انخفاض كثافة طاقته لكل وحدة حجم في ظل ظروف الوسط المحيط، مقارنةً بالبنزين، أو الديزل. وإحدى وسائل رفع سعة تخزين الميثان هي استخدام خزانات تحتوي على مواد مسامية، كإطارات المعدن-العضوي، كوسط تخزين. ومع ذلك.. فإنه لكل جزيء ميثان ممتص ومستوعَب هناك تقلبات حرارية مرتبطة به، يمكن أن تسبِّب سخونة زائدة، أو تختزل من فعالية التخزين، إذا ما تُرِكَت دون ضابط. ويصف جيفري لونج وزملاؤه إطارين مَرِنَيْن للمعدن-العضوي، تخضعان للطور التحولي الانعكاسي عند ضغوط محددة، مما يُمكِّن من سعات تخزين أكبر للميثان القابل للاستخدام مما تم إنجازه في السابق، فيما تقدمان أيضًا إدارة حرارة داخلية للمنظومة.

Methane storage in flexible metal–organic frameworks with intrinsic thermal management

J Mason *et al*

doi: 10.1038/nature15732

علم الأورام

موقع النقائل يشمل إكسوسومات الورم

وَجَدَ ديفيد ليدن وزملاؤه أن الحويصلات خارج الخلية (الإكسوسومات) التي تنشأ من خلايا الأورام يمكن أن تندمج بشكل تفضيلي مع خلايا مقيمة محددة من أعضاء مستهدفة – الرئة، والكبد، والدماغ – وذلك بغرض إعداد الموقع للنقائل. وعلى المستوى الجزيئي، يبدو أن التعبير عن مجموعات متميزة من بروتينات إنتجرين على الإكسوسومات يساعد في استهدافهم لأحد الأعضاء الثلاثة. ومن خلال تحجيم بروتينات إنتجرين، تَمكَّن الباحثون من تقليل

امتصاص الإكسوسومات المرتبطة بالأعضاء المستهدفة، وبالتالي تقليل احتمال وجود النقائل. وإضافة إلى ذلك.. يمكن استخدام بروتينات إنتجرين الإكسوسومية للتنبؤ بالنقائل المحددة للعضو في مرض السرطان.

Tumour exosome integrins determine organotropic metastasis

A Hoshino *et al*

doi: 10.1038/nature15756

تخليق البيريميدين في الأورام

يتم إسكات إنزيم دورة اليوريا سينسيز أرجينينوسكسينات (ASS1) في عديد من أنواع السرطان، ولكن لم يكن واضحًا كيف يحدث هذا، أو لماذا. وفي هذا السياق، تبين إيليت إيريز وزملاؤها أن خفض تنظيم جين ASS1 يعزز انتشار الخلايا السرطانية، عن طريق تنشيط مركّب CAD (وهو مركّب متعدد الوظائف من سينسيز فوسفات الكرباموييل 2، وترانسكارباميليز الأسبارتات، ومركّب ثنائي هيدروأوروتيز)، وكذلك عن طريق تخليق البيريميدينات. ويحدد هذا العمل حصار مركّب CAD، كاستراتيجية علاجية ممكنة في أمراض السرطان، حيث يتم خفض تنظيم جين ASS1، كما يدل على وجود صلة في التمثيل الغذائي بين إنزيمات دورة اليوريا، وتخليق البيريميدين.

Diversion of aspartate in ASS1-deficient tumours fosters *de novo* pyrimidine synthesis

S Rabinovich *et al*

doi: 10.1038/nature15529

وراثة

تفاعلات الحمض النووي، وعامل النَّسْخ

غالبًا ما تعمل عوامل النَّسْخ كمثنويات مغايرة تعاونية عندما تتعرف على التتابع التنظيمي لحمضها النووي (الموتيفات)، وذلك لتنظيم التعبير الجيني. وقد استخدم جوسي تايبالي وزملاؤه التحليل فائق الإنتاجية؛ لدراسة تفاعلات أكثر من 9,000 زوج من عوامل النسخ البشرية المقيدة إلى موتيفات تتابع الحمض النووي المثنوية المغايرة. ووجدوا أن العديد من التفاعلات بين عوامل النسخ يتم بشكل نشط بواسطة الحمض النووي ذاته، وأن مواقع الحمض النووي المركّبة التي تم التعرف عليها تختلف عن الموتيفات الفردية لكل عامل من عوامل النسخ. وسوف تساعد هذه النتائج على تفسير كيفية استخدام تابع الحمض النووي؛ لتحديد أنماط التعبير الجيني المكانية والزمانية.

DNA-dependent formation of transcription factor pairs alters their binding specificity

A Jolma *et al*

doi: 10.1038/nature15518

إشارات يوبكويتين عند تلف الـ"DNA"

عند البدء في إصلاح كسر في الحمض النووي مزدوج الجديلة، يحدث عدد من الأحداث لعملية إضافة اليوبكويتين. فأحد إنزيمات ليجيز E3 اليوبكويتين ذو الصلة بالكسر المسمى RNF168، معروف بتعديل هستونات عائلة H2A، لكن هدف ليجيز E3 اليوبكويتين (RNF8) لم يكن واضحًا. وقد حدَّد نيلز ميلاند وزملاؤه مؤخرًا أن إنزيم RNF8، وإنزيم E2 المقترن باليوبكويتين Ubc13 يعدِّلان تركيب هستونات الرابط من نوع H1 ، وذلك عن طريق ربط K63، حيث يقوم هذا التعديل نفسه بتوظيف إنزيم RNF168 مع عوامل إصلاح التدفق التحتي، بغرض معالجة الكسر.

Histone H1 couples initiation and amplification of ubiquitin signalling after DNA damage

T Thorslund *et al*

doi:10.1038/nature15401



غلاف عدد 26 نوفمبر 2015

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 26 نوفمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

علم الحيوان

ديدان البلوط، وأقاربها

ديدان البلوط هي مخلوقات بحرية عمياء رخوة، وُجدت مختبئة في الطمي الناعم، وفي الرمال. وتحمل الجينومات الخاصة بها مفتاح تطور حيوانات ثانوية الفم، وهي مجموعة واسعة النطاق، تشمل شوكيات الجلد (نجوم البحر، وأقاربها)، وكذلك الحبليات (بما في ذلك نحن أنفسنا). يقدم أوليج سيماكوف وزملاؤه تتابعًا لجينومات اثنتين من هذه الديدان، إحداها مطوَّرة مباشرة، والأخرى مع يرقة العوالق. وتكشف المقارنة مع الجينومات الحيوانية الأخرى عن مناطق واسعة من التصاحب الجيني مع الحسيكة (حبليات بدائية) والحيوانات ثنائية التناظر، أو متناظرة الجانبين الأخرى. وقد حدد الباحثون نطاق الجينات المرتبطة تحديدًا بتطوير شقوق البلعوم، التي هي ثقوب متسلسلة من جدار الجسم، توجد على الأقل بدائيًّا في جميع الحيوانات ثانوية الفم، ويُعتقد ـ على نحو متزايد ـ أن تكون السمة المميزة للمجموعة ككل.

Hemichordate genomes and deuterostome origins

O Simakov *et al*

doi:10.1038/nature16150

علم الخلية

انتقال غير مكلِّف للخلايا الظهارية

كان يُعتقد في السابق أن تحوُّل الخلايا الظهارية إلى خلايا اللحمة المتوسطة EMT ـ وهي عملية يُزال بها الاستقطاب في الخلايا الظهارية، لتبدأ في اتخاذ شكل شبيه ظاهريًّا بالخلايا الليفية ـ شرط أساسي لانتشار خلايا السرطان. كما ذكرت دراسات أخرى أن أهمية تحوُّل الخلايا الظهارية إلى خلايا اللُّحمة المتوسطة يستند إلى القدرة على التلاعب بمنظِّمات هذا التحول في مزارع الأنسجة. وتشير نتائج مجموعتين بحثيتين في دراستين نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* إلى أن تحول الخلايا الظهارية إلى خلايا اللُّحمة المتوسطة ليس شرطًا مسبقًا لحدوث الانبثاث. وقد تتبَّع جاو دينجتشينج وزملاؤه مصير الخلايا التي خضعت لعملية التحول في نموذج الفأر المصاب بنقائل السرطان في الرئة والثدي، ليجدوا أنه على الرغم من أن بعض الخلايا يخضع للتحول في الورم الظهاري الأولى، تحتوي نقائل الرئة أساسًا على خلايا لم تخضع للتحول. ومع ذلك.. تبدي الخلايا التي خضعت للتحول مقاومة أكبر للعلاج الكيميائي. كما اتضح أن الحمض النووي الريبي الميكروي ـ الذي يستهدف منظِّمات التحول ـ لا يؤثر على انتشار السرطان، بل يحدّ من بقاء خلايا التحول التالية للعلاج الكيميائي. وقد حذف راجو كالوري وزملاؤه عاملي النسخ "تويست" Twist، و"سنيل" Snail اللذين يستحثان تحوُّل الخلايا الظهارية إلى خلايا اللُّحمة المتوسطة في نموذج الفأر المصاب بالسرطان الغدي القنوي البنكرياسي، وهو ما يؤدي إلى زيادة في انتشار الخلايا، وزيادة الحساسية تجاه عامل العلاج الكيميائي "جيمسيتابين" بشكل أكبر، وبدون أي تأثير على غزو النقائل.

Epithelial-to-mesenchymal transition is not required for lung metastasis but contributes to chemoresistance

K Fischer *et al*

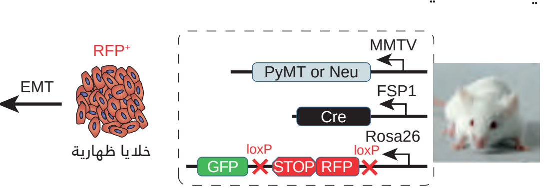
doi:10.1038/nature15748

Epithelial-to-mesenchymal transition is dispensable for metastasis but induces chemoresistance in pancreatic cancer

X Zheng *et al*

doi:10.1038/nature16064

الشكل أسفله | إنشاء نظام لتتبُّع نِسَب تحول الخلايا الظهارية إلى خلايا الالتحام المتوسط في الفئران ثلاثية التعديل الوراثي. رسم تخطيطي للفئران ثلاثية التعديل الوراثي التي تحمل مسبِّبًا للأورام عند الفئران (PyMT)، وجينات السرطنة Neu المدفوعة بواسطة محفز فيروس الورم الثديي للفأر MMTV، وإنزيم Cre ريكومبينيز تحت سيطرة محفز FSP1، وفلوكسيد RFP-ستوب، يليه البروتين الأخضر المتألق GFP تحت سيطرة محفز بيتا-أكتين في موضع Rosa26. والخلايا السرطانية الظهارية +RFP التي تخضع للتحول إلى خلايا الالتحام المتوسط في الفئران المعدلة وراثيًّا بشكل دائم تتحول إلى خلايا +GFP بعد تنشيط Cre Fsp-1.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الدم

تمييز البيئة الملائمة لخلايا الطحال

توجد غالبية الخلايا الجذعية المكوِّنة للدم HSCs في الظروف العادية في البيئة الملائمة لنخاع العظام، حيث يحدث تكوُّن الدم، ولكن أثناء الإجهاد الفسيولوجي يتم توظيفها للطحال؛ للانخراط في تكون الدم خارج النخاع. وتوضح هذه الدراسة أن البيئة الملائمة لتكوُّن الدم خارج النخاع في طحال الفأر أُنشئت بواسطة الخلايا البِطَانية، وتدعمها عوامل البيئة الملائمة الرئيسة، المفرزة بواسطة الخلايا اللحمية حول الأوعية الدموية الجيبية للطحال.

A perisinusoidal niche for extramedullary haematopoiesis in the spleen

C Inra *et al*

doi:10.1038/nature15530

فلك

تفسير المَيْل القمري

تتنبأ نمذجة عملية التصادم التي أنتجت القمر أن المادة القمرية مجزأة؛ لتشكِّل قرصًا محيطًا بالكوكب، وأن التراكم القمري في وقت لاحق قد وضع القمر في مدار شبه استوائي. ومع ذلك.. فإن النماذج تتنبأ بمَيْل حديث، تقل قيمته ـ على أقل تقدير ـ عن قيمة المَيْل الحالية. يبيِّن كافي باليفان، وآليساندرو موربيديلي إمكانية إعادة إنتاج المَيْل القمري الحديث بطريقة طبيعية عبر مواجهات عديمة التصادم للقمر المبكر مع كمية ضئيلة من الكتلة، محمولة بواسطة أجسام قليلة، تتسق مع قيود ونماذج التراكم الأخير. وقد اكتشفوا أيضًا أن المدار القمري الحديث يوفر سجلًا حساسًا لتفاعلات تجاذبية مع أنوية كوكبية عابرة للأرض.

Collisionless encounters and the origin of the lunar inclination

K Pahlevan *et al*

doi:10.1038/nature16137

فلك

البحث عن أقدم النجوم

تتنبأ نماذج تكوُّن النجوم بأن النجوم الأولى قد وُلدت بعد الانفجار العظيم، وأن نسلها المباشر ينبغي أن يُوجد الآن تفضيليًّا بالقرب من مراكز (أو انتفاخات) المجرات. أبلغ لويس هويس وآخرون عن ترصُّد لنجوم بانتفاخ درب التبانة مع بعض تلك الخواص المتوقعة من تلك النجوم المبكرة التي تكونت أثناء "الفجر الكوني". ووجد الباحثون أكثر من 500 نجم، ذات وفرة حديدية أقل من 100/1 من تلك القيمة الخاصة بالشمس، يشمل ذلك نجم مع وفرة حديدية أكثر من 10,000 ضعف أقل من القيمة الشمسية، دون التعزيز الكربوني الذي نجده في النجوم بالمناطق الخارجية من المجرة. وبصفة عامة، فإن تركيباتها الكيميائية مشابهة لنجوم الهالة النموذجية التي تمتلك التمعدن نفسه، على الرغم من وجود اختلافات مثيرة للاهتمام، بما في ذلك الوفرة الأقل للكربون.

Extremely metal-poor stars from the cosmic dawn in the bulge of the Milky Way

L Howes *et al*

doi:10.1038/nature15747

الشكل أعلاه | المواضع المَجَرِّيَّة ومدارات 23 نجمًا رُصدت بدِقَّة فَصْل مرتفعة. خريطة الكثافة السطحية لنموذج الانتفاخ المجري تم إسقاطها على الأسطح ، س-ص (أعلى) و س-ع (أسفل)، حيث (س) و (ص) و (ع) هي الإحداثيات الديكارتية، ونقطة الأصل بها عند المركز المَجَرِّي، والمحور (ع) عمودي على سطح المجرة. تم رسم الـ23 نجمًا الخاصة بتلك الدراسة (الدوائر السوداء المصمتة) مع مسافات بها نسبة عدم يقين، تم عرضها كأشرطة خطأ، ودائرة ذات نصف قطر 3.43 كيلو فرسخ نجمي (الأبيض: نصف قطر القطع للانتفاخ الداخلي). تم عرض موضع الشمس من خلال ماسة حمراء، عند 8.5 كيلو فرسخ نجمي من المركز المَجَرِّي.

النجوم المتحوِّلة على مدى طويل بمَجَرَّة

يرتبط عدد النجوم المتحولة المتطورة خلال فترة طويلة باحتشاد نجمي بطريقة مباشرة بفترة حياتها، يصعب التنبؤ به من المبادئ الأولية. يبني تشارلي كورني وزملاؤه نموذج احتشاد نجمي بسيطًا قائمًا على الزمن، يشمل تأثيرات النجوم المتحولة على مدى فترة طويلة، ويبلِّغوا عن الكشف الشامل لـ"وميض نقطي" ناتج عن النبض النجمي بترصُّد مجرة M87 الضخمة الغنية بالمعدن. وقد استنتجوا أن فترة العمر الخاصة بالمتحولات طويلة المدى بـM87 تبلغ حوالي 30 في المائة أقل مما تم التنبؤ به من خلال نماذج التطور النجمي السابقة.

Ubiquitous time variability of integrated stellar populations

C Conroy *et al*

doi:10.1038/nature15731

كيمياء

امتزاز غاز غير متجانس في الأطر المعدنية

تُستخدم المواد المسامية على نطاق واسع لامتزاز الغاز في تحفيز الطاقة النظيفة، وغيرها من التطبيقات. فقد استخدم أوساموا تيرازاكي وزملاؤه تشتت الأشعة السينية ذا الزاوية الصغيرة؛ لتصور عملية امتزاز الغازات (الأرجون، وثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين) على أسطح أطر معدنية عضوية مسامية MOFs، وبشكل خاص.. خمسة أعضاء من سلسلة المواد المسامية MOF-74. وتكشف البيانات أن جميع تفاعلات الامتزاز تحدث عبر شبكة المسام بالطريقة التي تسمح بإنشاء مجالات امتزاز إضافية، وتشكيل شبكات فائقة، قبل أن تتبنى مواد الامتزاز توزيعًا متسقًا. ويُذكر أنه من الصعب التوفيق بين بِنْيَة الشبكة الفائقة، والرؤية السائدة لملئ المسام كعملية عشوائية.

Extra adsorption and adsorbate superlattice formation in metal-organic frameworks

H Cho *et al*

doi:10.1038/nature15734

فسيولوجيا

درجة الحرارة تضبط الساعة البيولوجية

لا تعتمد الساعة البيولوجية ـ التي تعمل كل 24 ساعة ـ على درجة الحرارة المحيطة، لكن يمكنها أن تتزامن مع دورة النهار الدافئ والليل البارد، في ظل غياب التغيرات الضوئية الخفيفة، مع حساسية تصل إلى ± 2 درجة مئوية. وقد حدد رالف ستانيوسكي وزملاؤه مؤخرًا المستقبِل الحسي الكيميائي IR25a، الذي يتم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التعبير عنه في الخلايا العصبية الحسية في الامتداد الداخلي (أعضاء مستقبِلات التمدد في الحشرات والمفصليات الأخرى) لسيقان ذبابة الفاكهة، كأمر ضروري لكل من المزامنة السلوكية والجزيئية للساعة البيولوجية للحيوان لدورات درجة الحرارة منخفضة السعة. ويبِّنوا كذلك أن وظائف المسار المستشعِرة لدرجة الحرارة الجديدة هذه تعمل بشكل مستقل عن أجهزة استشعار درجة الحرارة المعروفة في قرون استشعار الذبابة.

***Drosophila* Ionotropic Receptor 25a mediates circadian clock resetting by temperature**

C Chen *et al*

doi:10.1038/nature16148

فيزياء

تصوير وعائي فائق الدقة

يوفر التصوير الإكلينيكي التقليدي بالموجات فوق الصوتية دقة فصل بنطاق تحت ملِّيمتري على أفضل الأحوال، نتيجة لقيود أساسية للحيود. تستعرض كلوديا إيريك وزملاؤها تقنية جديدة قائمة على التصوير بالأشعة فوق الصوتية، بإطارات فائقة السرعة، تمتلك دقة فصل مرتفعة بشكل كاف عند أعماق كبيرة؛ لرسم خرائط عضوية كلية للأوعية الدموية الدقيقة. تتشابه التقنية المستعرضة مع تقنية الفحص المجهري فائق دقة الفصل التمركزي البصري، الذي يقوم على التتبع السريع للإشارات العابرة من عامل تباين تحت طول موجي، التي تمثلها في التقنية الجديدة فقاعات مجهرية لغاز خامل، تم حقنها وريديًّا بالمنظومة الدموية. ويستعرض الباحثون التقنية بواسطة إعادة بناء الأوعية الدموية الدقيقة بدماغ فأر حي.

Ultrafast ultrasound localization microscopy for deep super-resolution vascular imaging

C Errico *et al*

doi:10.1038/nature16066

نوع رابع جديد من الفرميونات

قد تستضيف العوازل الطوبولوجية، وأشباه المعادن، ونظم المواد المكثفة في الحالات الإلكترونية المحمية الطوبولوجية أنواعًا من الفرميونات (في شكل إثارات منخفضة الطاقة)، ظلت حتى الآن بعيدة المنال في تجارب فيزياء الجسيمات عالية الطاقة. ثلاثة أنواع مختلفة من الفرميونات معروفة من مثل هذه النظم الطوبولوجية: فرميونات ديراك، وماجورانا، وويل. وقد اقترح أليكسي سولويانوف وزملاؤه مؤخرًا نوعًا، تم تجاهله سابقًا من الفرميون. النوع الثاني من فرميونات ويل التي يمكن العثور عليها في النظام الطوبوغرافي هو الذي يسمونه شبه معدن النوع الثاني لويل. ولَدَى هذه المواد سطح فيرمي مفتوح، مما أدى إلى وفرة من الخصائص الفيزيائية المختلفة جدًّا عن تلك لنقاط ويل القياسية بأسطح فيرمي الشبيهة بالنقطة. ويتوقع الباحثون أن يكون التنجستين ثنائي التيلوريد (WTe_2) هو أحد أنواع النوع الثاني لويل من أشباه المعادن.

Type-II Weyl semimetals

A Soluyanov *et al*

doi:10.1038/nature15768

أحياء مجهرية

التعرف على الـDNA عَبْر CAS!-CAS2

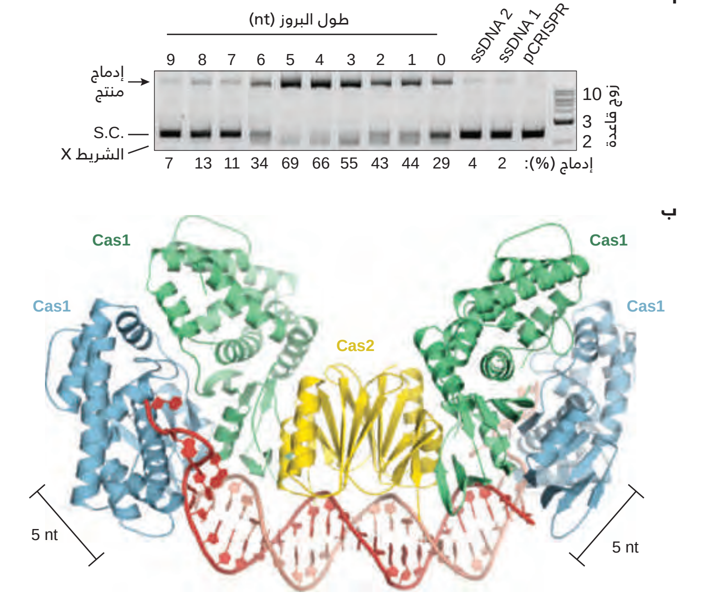
استُمِدَّت تقنية "كريسبر/كاس" المستخدَمة شعبيًّا على نطاق واسع في عمليات تحرير الجينوم في مجموعة متنوعة من الكائنات الحية من نظام المناعة البكتيرية. ففي البكتيريا، تدمج تتابعات الحمض النووى من الفيروسات البكتيرية الغازية في الجينوم المضيف في المواضع المعروفة باسم "كريسبر". أمّا كيف يتم اختيار وتخليق هذه التتابعات "الفاصلة" المكونة من 30-40 زوجًا من القواعد، فكان هذا غير واضح. تصف جنيفر دودنا وزملاؤها بِنْيَة مركّب CAS1-CAS2 المقيَّد إلى تتابع فاصل بدائي. وتتوضح البِنْيَة كيف يتم التقاط الحمض النووي الغريب، ويتم تقطيعه بواسطة بروتينات المضيف؛ استعدادًا للاندماج في موضع "كريسبر".

Foreign DNA capture during CRISPR–Cas adaptive immunity

J Nuñez *et al*

doi:10.1038/nature15760

الشكل أسفله | البِنْيَة الكلية، وتحديد موضع الموقع النشط من النيوكلوفيل '3- OH. أ، مثل لهلام الأجاروز لتفاعلات التكامل في المختبر باستخدام أطوال متزايدة من '3 بروز الحمض النووي للمباعد البدائي. نسبة قيم التكامل هي متوسط ثلاث تجارب مستقلة. Kb، كيلو (1000) زوج قاعدة؛ nt، النوكليوتيدة؛ pCRISPR، S.C. فائق الالتفاف؛ الشريط (باند) X، منتج ثانوي لـpCRISPR المرتخي. **ب**، البنية الشاملة لـ Cas1 – Cas2 المقيَّد إلى الحمض النووي للمباعد البدائي. تشير أجزاء الخط إلى أطوال مناطق الحمض النووي، التي تغطي ما مجموعة 33 من النيوكليوتيدات.



وراثة

تعبئة الجينوم في فيروس الـRNA

لا تزال عملية ضغط وتعبئة الجينوم في فيروسات الحمض النووي الريبي مزدوج الجديلة غير مفهومة تمامًا. فعن طريق استخدام مجهر إلكترون تبريد العينة للعد الإلكتروني المباشر، وإعادة التكوين غير المتماثل، استطاع هونج تشو وزملاؤه تصوير بِنَى جينوم فيروس يصيب الحشرات(CPV) في حالتي السكون والنسخ. تَكشف البِنَى عن أن كل غشاء بروتيني للفيروس CPV يحتوي على عشرة أحماض نووية ريبية مزدوجة الجديلة، مجزأة، مرتبة مع عشرة مركبات إنزيمية نسخية بطريقة محددة، غير متماثلة، مع كل قطعة حمض نووي ريبي مزدوج الجديلة، ملتصقة مباشرة بمركّب إنزيمي نَسْخِيّ.

***In situ* structures of the segmented genome and RNA polymerase complex inside a dsRNA virus**

X Zhang *et al*

doi:10.1038/nature15767

هرمون نباتي يجذب مسبِّبات الفطريات

يعيد توجيه الفطريات المُمْرِضة نمو الخيوط الفطرية، كاستجابة للإشارات الكيميائية، لكن لم تكن الآليات المتحكمة في ذلك مفهومة. وفي هذه الدراسة، يبيِّن أنطونيو دي بيترو وزملاؤه أن النمو الموجَّه للعامل المسبِّب لأمراض النبات *Fusarium oxysporum* نحو جذور نبات الطماطم *Solanum lycopersicum* تستحثه الفئة الثالثة من إنزيمات البيروكسيديز التي يفرزها النبات، وأن الاستجابة الفطرية تتطلب البروتين العابر للغشاء Ste2، وهو مُناظِر لمستقبِل ألفا للفرمون الجنسي في الخميرة. ومضوا قُدُمًا في إظهار أن التأشير من خلال متسلسلات MAPK مسؤول عن توجيه نمو *F. oxysporum*، مع متسلسلات متميزة وظيفيًّا، تستجيب لإشارات كيميائية مختلفة. وتشير هذه النتائج إلى دور محتمل لآلية استشعار الفرمون الفطرية في تحديد موقع المضيفين النباتيين في بيئة معقدة، مثل التربة.

Fungal pathogen uses sex pheromone receptor for chemotropic sensing of host plant signals

D Turrà *et al*

doi:10.1038/nature15516

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أحياء جزيئية

تحفيز عملية تشَكُّل البروكسيد الداخلي

تنتِج سلالات مختلفة من فطريات *Aspergillus* و*Penicillium* مركّب "فيروكولوجين"، وهو ببتيد غير ريبوزومي، يحتوي على مجموعة وظيفية استثنائية ونشطة (R-O-O-R) من البروكسيد الداخلي، يتم إنتاجها من مادة "فوميتريمورجين ب" بواسطة إنزيم الحديد غير الهيمي، وحيد النوى FtmOx1. وقد أورد ليو بنجوا وزملاؤه البِنْيَة البلورية بالأشعة السينية لإنزيم FtmOx1 بشكل مفرد، وفي وجود "فوميتريمورجين ب"، أو ألفا كيتوجلوتارات. وجنبًا إلى جنب مع إجراء المزيد من التحليلات الكيميائية الحيوية، تكشف هذه البِنَى عن البراعة الحفزية بواسطة إنزيمات الحديد غير الهيمي وحيد النوى، وتساعد على كشف آليات التخليق الحيوي للبروكسيد الداخلي.

Endoperoxide formation by an α-ketoglutarate-dependent mononuclear non-haem iron enzyme

W Yan *et al*

doi:10.1038/nature15519

ليجندات لمستقبِلات مقترنة بـ"جي GPCR"

هناك على الأقل 120 مستقبِلًا من المستقبلات المقترنة ببروتين جي GPCR غير المرتبطة بحاسة الشم في الجينوم البشري، يُطلق عليها اسم "المستقبِلات اليتيمة"، وهو ما يعني أن ليجنداتهم الذاتية غير معروفة. استخدم برايان روث وزملاؤه الفرز القائم على الخميرة؛ لتحديد عقار "لورازيبام"، باعتباره المُعَدِّل التفارغي الإيجابي غير الانتقائي لمستقبِل GPR68، وهو مستقبِل بروتون بدون مُعدِّلات معروفة للجزيئات الصغيرة. كشفت نمذجة التماثل والالتحام الجزيئي لـ3.1 مليون جزيء عن المركب الجديد 'أوجيرين'، كمُعدِّل لمستقبِل GPR68. قد تخدم الخطوات المستخدَمة في هذه الدراسة ـ التي تجمع بين الفرز الفيزيائي والمستنِد إلى البِنْيَة ـ كطريقة عامة لتحديد ليجندات انتقائية للمستقبِلات المقترنة ببروتين جي الأخرى.

Allosteric ligands for the pharmacologically dark receptors GPR68 and GPR65

X Huang *et al*

doi:10.1038/nature15699

علم الأعصاب

فَهْم حاسة التذوق

في الثدييات، يتم نقل المعلومات من الخلايا الحساسة لحاسة التذوق في اللسان من خلال محطات عصبية متعددة إلى قشرة التذوق في الدماغ. وأشارت الدراسات السابقة إلى أنه يتم تمثيل الطعم المر والطعم الحلو في القوارض في حقول منفصلة داخل قشرة التذوق. وقد تلاعب تشارلز زوكر وزملاؤه مباشرة بنشاط حقول قشرة التذوق المتميزة هذه في الفئران اليقظة؛ للسيطرة على التمثيل الداخلي للحيوانات، والإدراك الحسي، والأفعال السلوكية، مما يدل على أنه يمكن لحقول التذوق التحكم في الاستجابات المتعلقة بالشهية والنفور بشكل مستقل عن التعلم والخبرة. ويوضح هذا الاستنتاج الطبيعة الفطرية والماثلة لحاسة التذوق.

Sweet and bitter taste in the brain of awake behaving animals

Y Peng *et al*

doi:10.1038/nature15763

علم النبات

نموذج جينومي لتحمُّل الجفاف

يستطيع نبات *Oropetium thomaeum* تحمُّل الإجهاد المائي المتطرف، من خلال تجفيف أوراقه، حتى درجة الجفاف الكامل، مع قدرته على إنعاش نفسه مرة أخرى لدى توافر المياه، مما يوفر نموذجًا لتحمُّل الجفاف. وقد أورد الباحثون فك تتابعات كامل الجينوم، وتجميع جينوم نبات *O. thomaeum*، وذلك باستخدام فك تتابعات القراءة الطويلة على مستوى الجزيء (SMRT). قد يوفر فهْم الآليات الجينومية لتحمُّل الجفاف المتطرف في نبات *O. thomaeum* أهدافًا لهندسة تحمُّل الجفاف والإجهاد في نباتات المحاصيل.

Single-molecule sequencing of the desiccationtolerant grass *Oropetium thomaeum*.

R Buren *et al*

doi:10.1038/nature15714



غلاف عدد 3 ديسمبر 2015

طالع نصوص الأبحاث في عدد 3 ديسمبر من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء

أهمية التنوع الحيوي في التربة

تحتوي التربة على مجموعة غنية من الكائنات الحية، ولكن هذا الثراء أصبح مهدَّدًا، نتيجة للإدارة المكثفة والفقيرة. إن التنوع الحيوي للتربة له دور أساسي في توفير الغذاء، وكذلك توفير الماء والهواء النقيَّين، وعدم انتشار الأمراض. وفي هذا الصدد.. تستعرض ديانا وول، وأوفي نيلسون، وجوهان سيكس إمكانية توفُّر خدمات المنظومة البيئية، إذا ما أُعِيد إحياء التربة، وإدارتها بطريقة مستدامة.

Soil biodiversity and human health

D Wall *et al*

doi: 10.1038/nature15744

الشكل أسفله | مخطط انسيابي يوضح العلاقة بين التنوع البيولوجي للتربة وصحة الإنسان. التنوع البيولوجي للتربة غالبًا ما يؤثر سلبيًّا على التفاعل بين ممارسات سوء إدارة التربة ومسببات تغيُّر المناخ، وكلاهما في النهاية يؤديان وظيفة النظام البيئي، والخدمات التي تُعتبر ضرورية لصحة الإنسان (مكافحة الآفات ومسببات الأمراض، وإنتاج الطعام المغذي، وتطهير الماء، والحدّ من تلوث الهواء). ويمكن أن تؤثر الاستجابة لتدهور صحة الإنسان بدورها على القرارات الإدارية التي تحكم الانتفاع من الأراضي وتغير المناخ.

علم البيئة

إدارة استخدام النيتروجين الزراعي

إنّ الإدارة الحذرة في حاجة إلى استخدام الأسمدة النيتروجينية؛ من أجل ضمان الأمن الغذائي لسكان العالم المتنامي، والحد من التدهور البيئي الناتج عن التلوث النيتروجيني. يستقصي زين زانج وزملاؤه الأنماط التاريخية للاستخدام الفعال للنيتروجين الزراعي، وكيف يمكن للسياسات الاجتماعية-الاقتصادية والابتكارات التكنولوجية أن تساعد في تحسين كفاءة استخدام النيتروجين، وتحقُّق الأهداف المتوقعة للأمن الغذائي والحفاظ على البيئة بحلول عام 2050.

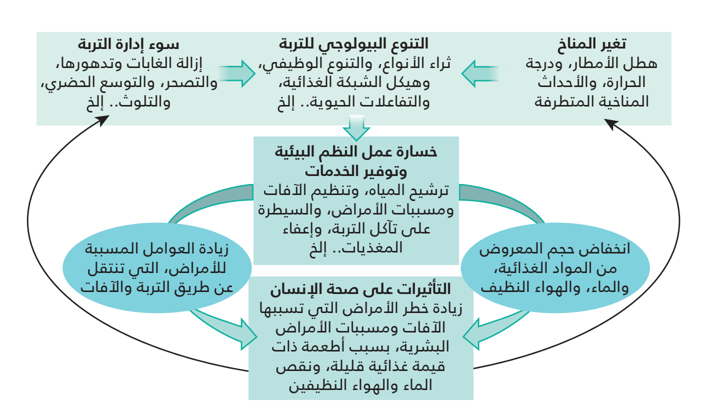
Managing nitrogen for sustainable development

X Zhang *et al*

doi: 10.1038/nature15743

المواد العضوية الموجودة في التربة

تحتوي المادة العضوية في التربة على جزء كبير من الكربون العالمي، كما تلعب دورًا مهمًّا في الحفاظ على مستوى إنتاج التربة، وجودة المياه. وعلى الرغم من ذلك.. لا يوجد توافق حول طبيعة هذه المادة. ويزعم جوهانيس ليمان، وماركوس كليبر أن المادة العضوية لا ينبغي النظر إليها على أنها مجموعة مواد متفردة كيميائيًّا، ومستدامة، ومعقدة



التركيب، ولكن ينبغي النظر إليها كمركّبات كيميائية دائمة التحلل بشكل متصل.

The contentious nature of soil organic matter

J Lehmann *et al*

doi: 10.1038/nature16069

فيزياء

السيطرة على التشابك

على الرغم من الزعم القائل إن ظاهرة التشابك ـ حيث يمكن لجُسَيْمَين منفصلين فيزيائيًّا أن يتصرفا كجسيم واحد، ويتم التعامل معهما كجسيم واحد أيضًا - تُعَدّ المقياس الأكثر أهمية لأي منظومة كمية، إلا أنه من العسير قياسها بشكل مباشر. وتقوم غالبية المخططات المقترَحة حتى الآن بقياس التشابك في منظومة كَمِّيَّة اصطناعية، كالغازات الكمية فائقة التبريد، التي تتطلب إعادة بناء للأطوار الكمية عبر التصوير الشعاعي الطبقي، وهي عملية مقتصِرة على الأنظمة المحلية. واكتشف الباحثون طريقة للوصول مباشرة إلى التشابك في منظومة متنقلة ومتحررة من التأثيرات المحلية، بعد أن قاموا بإعداد نسختين متطابقتين من ذرات الروبيديوم ذات الطَّوْر الكَمِّي متعدد الأجسام، وتركوهما تتداخلان. ويمكن ملاحظة الخواص المتصلة بطريقة مباشرة في فوضى التشابك، بواسطة مجهر غاز كَمِّي خاص. وربما تسمح تلك الطريقة الجديدة لقياس الاضطراب الكمي بأن تكون خواص أخرى متصلة بالتشابك وفوضى التشابك في متناول اليد.

Measuring entanglement entropy in a quantum many-body system

R Islam *et al*

doi: 10.1038/nature15750

علم المناخ

آثار انحسار الصفيحة الجليدية على البحار

تشير نتائج الأبحاث الحديثة إلى أن هناك تراجعًا سريعًا جاريًا بالفعل في قطاعات من الصفيحة الجليدية القطب جنوبية الغربية؛ مما يزيد من احتمال زيادة الإسهامات في ارتفاع مستوى سطح البحر. وقد استخدم الباحثون نموذج صفيحة جليدية ضمن إطار إحصائي لنظرية افتراضية، حيث تسترشد العمليات الحرجة بتوليفات متخصصة؛ لمحاكاة الفَقْد الكُتَلِي من الصفيحة الجليدية القطب جليدية بأكملها بحلول عام 2200. ويمكن للصفيحة الجليدية القطب جنوبية ـ تبعًا لمحاكاتها ـ أن تسهم بما يصل إلى 30 سم من ارتفاع مستوى سطح البحر بحلول عام 2100، وبحوالي 72 سم بحلول عام 2200. وتشير هذه الاكتشافات إلى أن الإسهامات الأكثر ارتفاعاً ـ التي نجدها في الأبحاث الأخرى ـ غير مرجَّحة.

Potential sea-level rise from Antarctic ice-sheet instability constrained by observations

C Ritz *et al*

doi: 10.1038/nature16147

الأنظمة البيئية البحرية على الحافة

تعتمد حساسية الأنظمة البيئية للتغيُّر المناخي على ما إذا كان للأنواع تفضيل لدرجات الحرارة الأكثر دفئًا، أم الأكثر برودة مما تختبره في الوقت الحالي، أو تفضِّل أن تختبره. ويكشف هذا التحليل للدراسات الاستقصائية الموحَّدة لسَمَك الشعاب المرجانية الضحلة واللافقاريات في 81 منطقة من المناطق البيئية حول العالم أن مجتمعات الشعاب المرجانية الموجودة لا تُظْهِر ملاءمة تامة بين درجة الحرارة الحالية، والمكامن الحرارية للأنواع الموجودة بها؛ فالمجتمعات البحرية تهيمن عليها في الأغلب أنواع ذات تجانس أكثر دفئًا أو برودة من درجات الحرارة المحلية المتوسطة للبحر. ويُعَدّ هذا التحيز الحراري مسهمًا اساسيًّا لفَقْد الأنواع المحلي المتوقع، أكثر من كونه تباينًا مكانيًّا بمعدل الاحترار. وتَعنِي البيانات ـ ضمنًا ـ أن المواضع التي تبلغ درجة الحرارة السطحة البحرية الصيفية المتوسطة فيها حوالي 24 درجة مئوية هي الأكثر عرضة للتغير المجتمعي بشكل عام.

Thermal biases and vulnerability to warming in the world's marine fauna

R Stuart-Smith *et al*

doi: 10.1038/nature16144

الإخفاق الهيدروليكي يقتل الأشجار

كانت المجاعة الكربونية ـ الناجمة عن انخفاض وفرة الكربوهيدرات غير الهيكلية ـ تُعتبر عاملًا أساسيًّا في موت الأشجار خلال فترات الجفاف في الغابات الاستوائية المطيرة. وقد قَيَّم الباحثون أهمية خزانات الكربوهيدرات غير الهيكلية، وكيفية تأثرها بالجفاف على المدى الطويل، باستخدام بيانات من أطول الدراسات التجريبية عن فترات الجفاف الأطول عمرًا على مستوى العالم. وقد اكتشفوا عدم وجود أدلّة على المجاعة الكربونية، ولكنهم استنتجوا ـ عوضًا عن ذلك ـ أن العمليات الهيدروليكية لاختلال المياه ـ التي تنطوي على نقل المياه من التربة إلى الأوراق ـ لها دور أكثر أهمية في إحداث الموت الشجري، نتيجة للجفاف.

Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation

L Rowland *et al*

doi: 10.1038/nature15539

فيزياء

نَهْج حسابي لِتَشَتُّت ألفا-ألفا

يُعتبر التشتت المرن لجسيمات ألفا ـ أنوية الهيليوم-4 ـ محوريًّا في عمليات نووية لا تُحصَى، من التوليف النووي النجمي إلى أجسام السوبرنوفا. وعلى الرغم من أهميتها، ما زال من غير العملي معالجة تلك العمليات الأساسية حسابيًّا، حيث ينمو الوقت الحوسبي اللازم للعمليات التقليدية بطريقة أُسِّيَّة مع عدد الجسيمات. وقد طَوَّر الباحثون هنا طريقة تعتمد على محاكاة شبكة مونت-كارلو، ونظرية المجال الشبكي الفعال، التي تمكِّن من حسابات تشتُّت ألفا-ألفا. يقاس هذا النهج بطريقة رباعية ـ من حيث زمن الحوسبة مع عدد الجسيمات ـ تفتح الباب لحسابات معقدة أخرى، تتضمن جسيمات ألفا، وعلى سبيل المثال.. التقاط جسيم ألفا بالكربون.

***Ab initio* alpha–alpha scattering**

S Elhatisari *et al*

doi: 10.1038/nature16067

الشكل أعلاه | تجمعات الحالة الأولية. الحالة الأولية R>| تتألف من حزمتين موجيّتين لجسيمات ألفا على الشبكة، مفصولتين بمتجه الإزاحة R. تتكون كل حزمة موجية لجسيمات ألفا من أربع نويات. تمثل الجسيمات الحمراء البروتونات؛ والزرقاء تمثل النيوترونات؛ بينما يتم تمثيل الحركة المغزلية بالأسهم.

فلك

مصدر الأشعة السينية فائق الليونة

تم الكشف عن نفثات باريونية دائمة منخفضة السرعة من مصدر الأشعة السينية فائق الليونة بمَجَرّة M81 المجاورة، التي تُظْهِر خطوط انبعاث Hα واسعة النطاق ذات حيود زرقاء، وتميز النفثات الباريونية ذات السرعات النسبية. هذا.. والمزج بين أطياف النفثات النسبية والأشعة السينية الدائمة فائقة الليونة غير متوقع، ويقدم تحديًا للنظريات الحالية الخاصة بالمصادر فائقة الليونة، والتكوُّن النَّفْثي. ومِن التفسيرات الممكنة أن هذا المصدر هو بمثابة ثقب أسود ذي احتشاد فائق الحرج، تم تخمينه منذ أمد طويل ذي تدفق سميك بصريًّا.

Relativistic baryonic jets from an ultraluminous supersoft X-ray source

J Liu *et al*

doi: 10.1038/nature15751

وراثة

إمكانية عكس آثار اضطرابات النمو

إنّ متلازمة التضاعف *MECP2* هي اضطراب مرضي يحدث في مرحلة الطفولة، وينجم عن تضاعف جين *MECP2*، وبالتالي زيادة مستويات البروتين *MECP2*. فقد أوردت هدى زغبي وزملاؤها أن التصحيح الجيني لمستويات *MECP2* يعكس ـ إلى حد كبير ـ الأعراض السلوكية والجزيئية والفسيولوجية المرضية في نموذج الفأر المعدَّل وراثيًّا. وقد أدَّى خفض مستويات جين *MECP2* باستخدام استراتيجية قليل النوكليوتيد مضاد للتعبير ASO ـ التي تتمتع بإمكانات أكبر للتطبيق العلاجي ـ إلى عدم ظهور الأعراض المرضية الظاهرية في الفئران البالغة والمعدَّلة وراثيًّا، ومستويات *MECP2* المصحَّحة، اعتمادًا على الجرعة في خلايا المرضى الذين يعانون من تضاعف *MECP2*. وتشير هذه النتائج إلى أن الاضطراب الناجم عن الطفرات الوراثية يمكن عكسه بعد ظهور الأعراض.

Reversal of phenotypes in *MECP2* duplication mice using genetic rescue or antisense oligonucleotides

Y Sztainberg *et al*

doi: 10.1038/nature16159

الشكل أعلاه | خريطة الغاز الساخن داخل عنقود المجرة "أبيل 2744"، وحوله. تظهَر صورة سطوع سطحي من خلال كاميرا "إيبيك" للقمر الصناعي XMM-نيوتن للكتلة المجرّية أبيل 2744 في نطاق 1.2- 0.5 كيلو إلكترون فولت، حيث يشير الشريط اللوني إلى السطوع في وحدات من الإرج سم$^{-2}$ ث$^{-1}$ دقيقة قوسية$^{-2}$. وتُظهر الدائرة الخضراء الموقع التقريبي لنصف قطر فيريال $R_{vir}\approx 2.1\ h_{70}^{-1}$ ميجا بارسك. وتبرز القُطوع الناقصة البيضاء مواقع البِنَى المنبثقة المكتشفة.

فلك

المادة المفقودة في الشبكة الكونية

تشير التقديرات إلى أن ترصُّد الكون المحلي يحتوي على حوالي 60% من المادة الباريونية ـ الذرات الاعتيادية في مقابل الجسيمات دون الذرية، أو الليبتونات ـ التي ينبغي أن تكون موجودة نظريًّا. وتشير المحاكاة الرقمية إلى أن الباريونات المفقودة لم تتكثف بعد على شكل هالات مرتبطة تجاذبيًّا، وكان يمكن اكتشافها ـ عوضًا عن ذلك ـ بخيوط الشبكة الكونية، وهي شبكة واسعة من خيوط المادة المظلمة. وقد أبلغ دومينيك إيكرت وآخرون عن ترصُّد أشعة سينية لِيِنَى خيطية مصاحبة للحشد المَجَرِّي "أبيل 2744". تتكون الخيوط من غاز عند درجة حرارة تبلغ حوالي عشرة ملايين كلفن، تمتد إلى 8 فراسخ نجمية. وتدعم تلك الخواص صورة، يكون بها جزء كبير من باريونات الكون متموضِعًا في خيوط الشبكة الكونية.

Warm–hot baryons comprise 5–10 per cent of filaments in the cosmic web

D Eckert *et al*

doi: 10.1038/nature16058

أحياء مجهرية

التخمُّر في وجود الأكسجين أمر طبيعي

تم تعيين مقدار البروتين اللازم للتنفس في الخلية البكتيرية ـ من خلال حساب عدد جزيئات أدينوزين ثلاثي الفوسفات المنتجة ـ عن طريق استخدام البروتيومات التجريبية والنمذجة في بكتيريا *E. coli*، حيث يساوي ضعفي الكمية التي تحتاجها الخلية لتنفيذ عملية التخمر. وتبيِّن النتائج أن فائض التمثيل الغذائي ـ المعروف باسم تأثير واربورج في الخلايا السرطانية، حيث تجنِّد الخلايا المتكاثرة بسرعة التخمر؛ لإنتاج الطاقة، على الرغم من وجود الأكسجين ـ هو نتيجة ضرورية للنمو البكتيري الأمثل. ويمكن لنموذج بسيط لتخصيص الموارد البروتيومية أن يمثِّل جميع السلوكيات الملحوظة للنظام، والتنبؤ بدقة للاستجابة للظروف المتغيرة. يوضح العمل أن فائض التمثيل الغذائي ليس بَذَخًا فقط، ولكنه وضع طبيعي للنمو. والمنهجية المستخدَمة قابلة للتطبيق مباشرة في التكنولوجيا الحيوية، وأبحاث السرطان.

Overflow metabolism in *Escherichia coli* results from efficient proteome allocation

M Basan *et al*

doi: 10.1038/nature15765

علم الأورام

مقارنة منهجية لخطوط خلايا السرطان

في مجموعة من خطوط الخلايا السرطانية التي تم تحليلها، لاستجابتها للعقاقير، أشارت دراسات إلى حساسية بعض خطوط الخلايا تجاه بعض العقاقير، بينما لم تصل دراسات أخرى إلى النتائج نفسها. وفي هذا التحليل، أعاد ليفي جراواي وزملاؤه تقييم البيانات الموجودة في "موسوعة خط الخلايا السرطانية"، ومشروع "جينومات حساسية السرطان تجاه العقاقير"، ليجدوا درجة أقوى من التوافق بين مجموعتي البيانات بشكل أكبر مما ورد في دراسة سابقة.

Pharmacogenomic agreement between two cancer cell line data sets

L Garraway *et al*

doi: 10.1038/nature15736

شبكة أنيبيبات تحمي الأورام من العلاجات

إنّ أحد العوامل التي تجعل علاج أورام الدماغ المستمدة من الخلية النجمية عسيرة العلاج هو ميلها إلى اختراق أنسجة المخ. ويبين فرانك وينكلر وزملاؤه أن الأنيبيبات الورمية الممتدة بواسطة الأورام النجمية تعزز ارتشاح الدماغ، وتنشئ شبكة مترابطة، تتيح التواصل بين الخلايا المتعددة، كما تحمي الأورام من موت الخلايا المستحَثّ بالعلاج الإشعاعي. وقد تم التعرف على بروتين 43 المرتبط بنمو الخلية العصبية كعامل مهم في هذه العملية. وقد يمثل اضطراب شبكة خلايا الأورام النجمية ـ باستهداف أنيبيباتها الورمية ـ نهجًا علاجيًّا جديدًا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

Brain tumour cells interconnect to a functional and resistant network
M Osswald *et al*
doi: 10.1038/nature16071

علم المناعة

تتبُّع مسار "نوتش" في أمراض التنفس

يتحكّم مسار التأشير الخلوي "نوتش" Notch الموجود في خلايا الشعب الهوائية للثدييات في تمايز خلايا الأسلاف إلى خلايا إفرازية، أو مهدَّبة، كنوعين أساسيين. وقد أعدَّ كريستيان سيبيل أجسامًا مضادة للبشر والفئران، تستهدف جزيئين يرتبطان بمسار "نوتش"، هما: JAG1، وJAG2. وقد توصَّل الفريق إلى اكتشاف مدهش، مفاده أن تثبيط JAG1 بعد الحقن بالأجسام المضادة يعزِّز تحويل الخلايا الإفرازية إلى خلايا مهدَّبة في نموذج الفأر، مما يدل على أن JAG1 في الخلايا المهدَّبة يعوق تحوُّل خلايا الأسلاف. وهذه الأجسام المضادة لها آثار مفيدة في نموذج الفأر المصاب بالربو، من خلال تحويل الخلايا المخاطية إلى خلايا مهدَّبة.

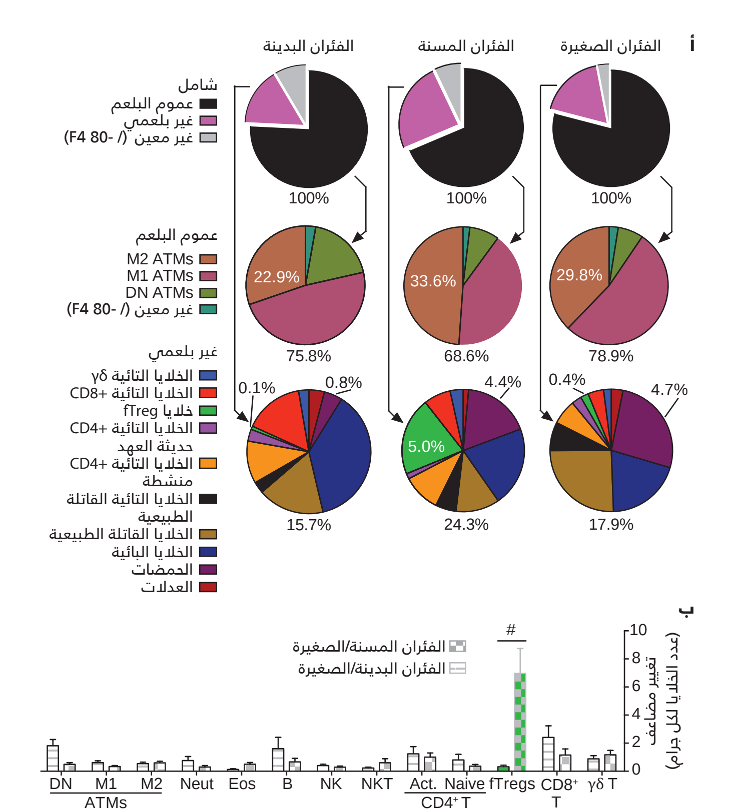
Therapeutic antibodies reveal Notch control of transdifferentiation in the adult lung
D Lafkas *et al*
doi: 10.1038/nature15715

دور ضار للخلية التائية التنظيمية الدهنية

مقاومة الإنسولين المرتبطة بالعمر (IR) ومقاومة الإنسولين المرتبطة بالسِّمنة هما من الأشكال المتميزة من الناحية الفسيولوجية لبداية مرض السكري في البالغين. وبينما يقود الالتهاب المدفوع بواسطة الخلايا البلعمية النمط المرتبط بالسمنة، إلا أن آليّات مقاومة الإنسولين المرتبطة بالعمر ليست معروفة. ويُظْهِر روناك إيفانز وزملاؤه أن الخلايا التائيّة التنظيمية الدهنية (fT_{reg}) تتراكم في الأنسجة الدهنية مع تقدُّم العمر، وليس مع وجود البدانة. وقد أظهرت الفئران التي تفتقر إلى الخلايا التائية التنظيمية الدهنية حمايةً ضد مقاومة الإنسولين المرتبطة بالعمر. ومع ذلك.. تظل عرضةً للإصابة بمقاومة الإنسولين المرتبطة بالسمنة، وأمراض التمثيل الغذائي. واستنزاف الخلايا التائية التنظيمية الدهنية عبر العلاج بالأجسام المضادة المضادة لـ ST2 يزيد من الحساسية للإنسولين. وعلى الرغم من أنه لم يكن الموضوع الرئيس لهذه الدراسة، فإن هذه النتائج لا تدعم دور الخلايا التائية التنظيمية الدهنية في مقاومة الإنسولين المرتبطة بالسمنة، أو في الإجراءات العلاجية لمجموعة عقاقير "ثيازوليدينديون"، أو "جليتازون" المضادة لمرض السكرى. ويتناقض هذا مع المزاعم بأن الخلايا التائية التنظيمية T_{reg} كان لها دور مفيد وضروري في استعادة الحساسية تجاه الإنسولين في نماذج الفئران البدينة، من خلال استخدام عقار "بيوجليتازون" المضاد لمرض السكرى.

Depletion of fat-resident T_{reg} cells prevents age-associated insulin resistance
S Bapat *et al*
doi: 10.1038/nature16151

الشكل أسفله | يتم إثراء الخلايا التائية التنظيمية الدهنية fTreg المحمية بشكل انتقائي في الفئران المسنة. أ، التنميطات المناعية الشحمية (AIPs) للنسيج الدهني الحشوي (VAT) من فئران بعمر 12 أسبوعًا (الصغار)، و 44 أسبوعًا (المسنة)، حيث (عدد الفئران n =10)، والفئران السمينة المستحثة بالنظام الغذائي (عدد الفئران n =10). يتم التعبير عن وفرة الخلايا المناعية كنسبة مئوية من الخلايا $CD45.2^{+}$، ATM، بلاعم الأنسجة الدهنية؛ DN، سلبي مزدوج. **ب**، التغييرات في وفرة الخلايا المناعية بين الجماعات المبينة، يتم التعبير عنها كتغيير مضاعف في عدد الخلايا لكل جرام من النسيج الدهني الحشوي (VAT). تمت تغذية الفئران السمينة باستخدام حمية عالية الدهون HFD لمدة 12 أسبوعًا، بداية من عمر 12 أسبوعًا. NK، الخلايا القاتلة الطبيعية؛ NKT، الخلايا التائية القاتلة الطبيعية. البيانات هي المتوسط ± الخطأ المعياري للمتوسط (s.e.m). # معدل الاكتشاف الكاذب <2%.



أحياء جزيئية

وسيلة لتحليل موقع DNase1 نيوكلييز

تقع العناصر التنظيمية في الجينوم في مواقع الكروماتين المتاحة لنشاط نيوكلييز "DNase I" الهضمي. وهذه المواقع يُطلَق عليها مسمى "المواقع شديدة الحساسية لنشاط نيوكلييز الحمض النووي الأول". وقد تم تحديد أماكنها عبر الجينوم في تجمُّعات خلوية. وطوَّر كيجي زهاو وزملاؤه طريقة فك تتابعات نيوكلييز الحمض النووي، تُسمى بيكو-سيك Pico-Seq، تسمح بالكشف عن هذه المواقع على نطاق الجينوم في الخلايا المفردة. وطبَّقوا الطريقة أيضًا على تجمعات من خلايا محفوظة في شمع البرافين، تم الحصول عليها من خزعات مرضى السرطان؛ وتمكنوا من خلالها مقارنة المواقع شديدة الحساسية من عدد صغير من الخلايا الورمية والسليمة.

G enome-wide detection of DNase I hypersensitive sites in single cells and FFPE tissue samples
W Jin *et al*
doi: 10.1038/nature15740

آليّة عمل الخلية التائية التنظيمية T_{reg}

إنّ الخلايا التائية التنظيمية (T_{reg}) في حاجة إلى التعبير عن مجموعة متنوعة من مستقبِلات الخلية التائية، من أجل التحكم في تلك الخلايا ذاتية التفاعل، المسبِّبة للأمراض، بعد أن نجت من الانتقاء السلبي. ويبين ألكساندر رودينسكي وزملاؤه أن تنوع المستقبِلات يعتمد على التتابع غير المرمِّز المحفوظ (CNS3) للمحسِّن *Foxp3*، الذي يعمل في مرحلة سلف الخلية التائية التنظيمية T_{reg}؛ لحث استجابة مستقبِل الخلية التائية للإشارات منخفضة القوة.

A mechanism for expansion of regulatory T-cell repertoire and its role in self-tolerance
Y Feng *et al*
doi: 10.1038/nature16141

دور عوامل النسخ في التعبير الجيني

يُعتقد أن مجموعات من عوامل النسخ المقيدة إلى المحسِّنات تعمل بصورة توافقية، من أجل تنظيم التعبير الجيني. فقد أجرى ألكسندر ستارك وزملاؤه تحليلًا لبيان هذه الصورة على نطاق واسع، وبالتالي تقييم إسهامات تنشيط أو قَمْع أكثر من 800 عامل من عوامل نسخ ذبابة الفاكهة. ووجد الباحثون صورة أكثر تعقيدًا مما كان متوقَّعًا، تتضمن العديد من عوامل النسخ، التي لديها مهام تنظيمية متنوعة، وتعتمد على وظيفة المُحسِّن.

Transcriptional regulators form diverse groups with context-dependent regulatory functions
G Stampfel *et al*
doi: 10.1038/nature15545

صندوق الأدوات

هوامش الأبحاث العلمية تنتقل إلى عالم الويب

يَعقِد ناشرون علميون مشارَكة مع مؤسسة تُرِيد من العُلماء أن يكتبوا تعليقاتهم على الأوراق البحثية على الإنترنت بشكل مُباشر.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

جيفري إم. بيركِل

هل سيقوُم الباحثون بتدوين مُلاحظاتهم، وانتقاداتهم، وتعليقاتهم على الأوراق البحثية على الإنترنت، إذا وُجِد البرنامج الذي يجعل من كتابة الحواشي أمرًا سهلًا؟ هذا ما يعتقده دان وايلي، مؤسِّس منظمة "Hypothes.is" غير الهادفة إلى الربح.

قامت شركة وايلي الناشئة ببناء منصّة برمجية مفتوحة المصدر؛ لإضافة الحواشي على الإنترنت، بحيث تسمح للمُستخدِمين بتحديد النصوص، أو التعليق على أي صفحة إنترنت، أو ملف بي دي إف. ومنذ الأول من ديسمبر الحالي، أعلنت منظمة "Hypothes.is" عن مشارَكات مع أكثر من 40 من الناشرين والشركات التقنية والمواقع العلمية، مثل "وايلي" Wiley، و"كروس رِف" CrossRef، و"بلوس" PLOS، و"بروجيكت جوبيتر" Project Jupyter، و"هاي واير" HighWire، إضافة إلى أركايف arXiv.

يأمل وايلي في أن تشجِّع هذه المشارَكات الباحثين على البدء في كتابة الحواشي والتعليقات على المحتوى العلمي على الإنترنت. ويمكن للعلماء كتابة التعليقات على الأوراق البحثية، ومشاركتها بصورة علنية، أو بصورة خاصة، كما يمكن للمعلمين استخدام التعليقات في بناء فصول دراسية تفاعلية، على حد قوله. ويشير بعض المتحمسين إلى أنه في حال نجاح الفكرة، فإن القدرة على التعليق على الأوراق البحثية العلمية على الإنترنت قد تتسبب في تغيير أساليب كتابها، ومراجعتها، ونشرها.

منظمة "Hypothes.is"، التي تأسست في عام 2011 في سان فرانسيسكو بكاليفورنيا، ودُعِّمت بواسطة عدة منح خيرية، لديها رسالة جريئة، هي: "إتاحة النقاش حول المعرفة الإنسانية"، لكن المفهوم الذي تقوم بتنفيذه ـ كتابة الحواشي على الإنترنت ـ قديم، قِدَم شبكة الإنترنت ذاتها، حيث إن فكرة السماح لقراء صفحات الإنترنت بالتعليق عليها يعود إلى عام 1993؛ حيث كان هناك إصدار مبكر من متصفح الإنترنت "موازيك" Mosaic يحتوى على هذه الميزة، ولكن في نهاية المطاف تم إهمالها. وقد قامت مواقع قليلة ـ من بين المواقع الموجودة اليوم ـ بإدراج كود يسمح بكتابة التعليقات والحواشي على صفحاتها بصورة افتراضية، بما في ذلك منصة التدوين "ميدْيَم" Medium، ونظام إدارة المراجع العلمية F1000 Workspace، وموقع الأخبار "كوارتز" Quartz. رغم ذلك.. لا تظهر الحواشي والتعليقات، إلا لمستخدمي هذه ◄

◀ المواقع فقط. أما الخدمات الأُخرى، مثل A.nnotate، أو "جوجل دوكس"، فتتطلب من المستخدمين رفع الملفات إلى خوادم حوسبة سحابية cloud-computing servers ؛ من أجل إضافة تعليقات وحَوَاشٍ مشتركة عليها.

لا تُعتبر "Hypothes.is" هي الوحيدة التي تريد التيسير على المستخدمين؛ من أجل تَرْك تعليقات توضيحية عبر شبكة الإنترنت بأكملها. فهناك طَرْح منافِس من شركة ناشئة أخرى، تُسمى "جينْيَس" Genius، بدأت كموقع لإضافة الحواشي على كلمات أغاني "الراب". وقد أطلقت الشركة خدماتها في إبريل 2015 على شكل إضافات لمتصفحات الويب، تساعد المستخدمين على التعليق على أي صفحة ويب. وعلى عكس "Hypothes.is".. فالكود الخاص بـ"جينْيَس" ليس مفتوح المصدر، ولا تعمل خدماتها مع ملفات البي دي إف، كما أنها لا تعمل مع المجتمع العلمي. وعلى الجانب العلمي، تسمح أداة إدارة المراجع "ريد كيوب" ReadCube للمستخدمين بإضافة تعليقات وحَوَاشٍ للأوراق البحثية بصيغة بي دي إف، ويتم استعراضها باستخدام قارئ الويب الخاص بها، لكن البرنامج مسجَّل الملكية، حيث إن "ريد كيوب" مملوكة لشركة "ديجيتال ساينس"، وهي شركة تديرها مجموعة "هولتزبرينك" للنشر، التي تمتلك أيضًا حصة في الشركة الناشرة لدورية *Nature*.

في المقابل، تَعنِي الطبيعة مفتوحة المصدر لمنصّة Hypothes.is أنه بإمكان أي شخص استخدامها؛ لإنشاء قارئ الحواشي الخاص به، مثلما يمكن لأي شخص إنشاء متصفح الويب الخاص به باستخدام التقنيات المعيارية. و"Hypothes.is" عضو أيضًا في مجموعة عمل داخل "اتحاد الشبكة العالمية"، وهي الهيئة التي تضع معايير الويب، وتعمل على تطوير معايير عامة للحواشي، وكيفية تَنَاقُلها. والهدف النهائي هو أن تتبنَّى كل صفحات الويب ـ التي تدعم إضافة الحواشي والتعليقات ـ الأكواد والبروتوكولات نفسها، كما تفعل مع "الروابط التشعُّبية"، على سبيل المثال؛ مما يسهِّل استخدام الوظيفة والتفاعل معها. هذا.. وقد نشرت مجموعة العمل بالفعل مسودة المعايير الخاصة بها، التي من المتوقع أن تكتمل بنهاية العام الحالي 2016.

آليّة العمل

في الوقت الحالي يمتلك مستخدمو Hypothes.is عدة خيارات فيما يتعلق بإنشاء واستعراض الحواشي والتعليقات. تشمل هذه الخيارات برنامج "بوكماركليتس" bookmarklets، وهو برنامج بسيط، يعمل ضمن نظام الإشارات المرجعية، أو عبر إضافات للمُتصفح، أو عن طريق إضافة "/via.hypothes.is" لبداية أي عنوان URL.

وعندما يفتح مستخدِم "Hypothes.is" صفحة ما ـ ولتكن لبحث علمي، على سبيل المثال ـ يقوم متصفح الويب بإظهار كل الحواشي التي يمتلك هذا المستخدِم حق الوصول إليها. وهي تَظْهَر على هيئة كلمات مميزة، وتعليقات في مقدمة النص، وكأنها طبقة شفافة. ويمكن للمُستخدمين حينها إضافة تعليقاتهم الخاصة، تمامًا كما يقوم الطالب بوضع العلامات في المراجع. هذه التعليقات علنية ـ بشكل افتراضي ـ ويمكن جَعْلها خاصة. وبعد التحديث الذي أُضيف في الثالث من نوفمبر الماضي، أصبح بالإمكان مشاركة الحواشي مع مجموعات خاصة. وهذا سيمكّن من استخدام الأداة في نوادي الدوريات العلمية، وتمرينات الفصول الدراسية، أو حتى في عملية مراجعة الأقران.

إذا تم تغيير محتوى الصفحة بعد وضع الحواشي، يقوم البرنامج باستخدام "المنطق العائم" fuzzy logic؛ لربط الحواشي بموقعها الأصلي بصورة تقريبية. ويمكن لهذا النظام أيضًا ربط الحواشي الموجودة في ملف HTML بملف PDF، والعكس.. وذلك إذا قام المستخدِم - على سبيل المثال - بوضع الحواشي على نسخة الإنترنت الخاصة بمقال ما، ثم استعرض بعد ذلك نسخة البي دي إف الخاصة بالمقال نفسه.

تُخَزَّن الحواشي على خادم مخصص في منصّة "Hypothes.is"، ذلك الخادم الذي يقول عنه وايلي إنه سجَّل حوالي 250 ألف تعليق لما يقرب من عشرة آلاف مستخدم في عام 2015. ويُذكَر أنه بعد وقوع إعصار باتريشيا في أكتوبر الماضي، قام علماء مناخ بتحديد نصوص، وتَرْك تعليقات على مقال تناوَل الموضوع، وانتشر بشدة بعد نشره على موقع mashable.com، انظر: (go.nature.com/rcsesf). وبالنسبة إلى مؤسسات النشر التي ترغب في استضافة الحواشي للمحتوى الخاص بها، أو الشركات التي ترغب في إضافة الحواشي لوثائقها المؤسسية خلف جدار حماية، فيمكنها إدارة خادمها الخاص باستخدام منصة البرمجيات نفسها، حسب قول وايلي.

مشاركات الناشرين

يمكن لمستخدِم "Hypothes.is" أن يضيف الحواشي لأي صفحة ويب، بما في ذلك الأوراق البحثية، والمقالات المدفوعة، التي يملك حق الوصول إليها، لكنّ المشارَكات الرسمية التي تم الإعلان عنها أدَّت إلى أن يعمل بعض الناشرين بجدية أكبر، بغرض تشجيع إضافة الحواشي، بما في ذلك معالجة المحتوى، الذي لا تستطيع أنظمة إضافة الحواشي التعامل معه، مثل أُطُر الصفحات، والنظم المسؤولة عن قراءة الصفحات المدمَجة.

هذا وتعمل المكتبة الرقمية "جيه ستور" JSTOR على تطوير نسخة خاصة من منصة "Hypothes.is" لمشروعها التعليمي مع "مؤسسة الشعر"، وهي مؤسسة أدبية ودار نشر، مقرّها شيكاجو في ولاية إلينوي. يقول أليكس همفريز ـ مدير مختبرات "جيه ستور" في نيويورك ـ إنه سيكون بإمكان المعلمين استخدام هذه النسخة في وضع الحواشي على القصائد في فصولهم الدراسية. فبعد أن يقوم المعلِّم باختيار القصيدة التي يجب إضافة الحواشي إليها، سيعدّ صفحة خاصة تحتوي على نسخة، ثم سيقيِّد إعدادات الوصول؛ لتتضمن طلابه فقط. وسيتمكن الطلاب حينها من إضافة ملاحظات شخصية، أو مشاركتها مع الفريق، إضافة إلى وجود طبقة حَوَاشٍ إضافية تبحث في "جيه ستور" على المصادر العلمية التي تقتبس كل بيت شعري، ثم تقوم بتوفير روابط لتلك المصادر. وقد تَقَرَّر أن يتم إطلاق النسخة في منتصف ديسمبر الماضي، على حد قول همفريز.

«يمكنك أن تنظر إلى الأمر على أنه نسيج، يسمح لتلك التعليقات بالتحرك بِحُرِّية عبر النُّسَخ المختلفة، دون قيود زمنية».

وقد بدأ الناشر العلمي "إي لايف" eLife في كمبريدج بالمملكة المتحدة اختبار جدوى استخدام "Hypothes.is" كبديل لنظام التعليقات الخاص به، المستخدَم في عملية مراجعة الأقران، كما يقول إيان مولفاني، الذي يترأس قسم التقنية بالشركة. ويخطط الناشر لإضافة هذه المنصة، كجزء من عملية تجديد الموقع الخاص به، وذلك كبديل عن نظام التعليقات الحالي، "ديسكس" Disqus. يقول مولفاني إن منصة "Hypothes.is" آليّة، تسمح بتعليقات أكثر استهدافًا، كحد أدنى؛ حيث سيتم رفع التعليقات من الجزء السفلي من صفحة ويب، ونَقْلها إلى داخل النص نفسه.

موقع arXiv هو شريك آخر، مختص بنشر مسودات الأوراق البحثية، وتديره مكتبة جامعة كورنيل في إيثاكا بنيويورك. ويعمل هذا الموقع حاليًّا على تطوير آليّة، تسمح للحواشي بالتدفق خلال النُّسَخ المختلفة للمقال، حسبما يصف عالِم المعلوماتية سايمون وارنر، الذي يقود جهود التطوير التقني للموقع. ومن أجل إعطاء دفعة للاهتمام بالبرنامج، دأب موقع arXiv على تحويل الإشارات لمقالاته في التدوينات الخارجية ـ التي يطلق عليها "التتبُّعات العكسية" trackbacks ـ إلى حَوَاشٍ تظهر في الصفحة الخاصة بمقدمة المقال باستخدام منصة "Hypothes.is".

ليس جرافيتيًّا فقط

من التحسينات التي تخطط منصة "Hypothes.is" لإدخالها على نظامها الأساسي.. إضافة طريقة للتحقق من هوية المعلِّقين، وذلك عن طريق تضمين ملفات ORCID الشخصية الحصرية الخاصة بالباحثين. وقد يؤدي هذا الأمر إلى قطع شوط كبير، يتعلق بتَبَنِّي هذا النظام من قِبَل الباحثين، وذلك عن طريق تسهيل التعليقات الاحترافية على الأعمال المنشورة، وتصفية الهوامش غير المرغوب فيها، كما يقول باول جينسبراج، مؤسِّس موقع arXiv، وعالِم الفيزياء في جامعة كورنيل. ويضيف جينسبراج قائلًا: "إذا بدأ الناس في النظر إلى المقالات، ووجدوا ما يشبه «الجرافيتي»، عندها سيغلقون التعليقات، وستفشل التجربة".

أمّا إذا نجح الأمر، فستمثل إضافة الحواشي عبر الإنترنت تحولاً جذريًّا في الطريقة التي يتم بها التواصل العلمي، كما ذكر كاميرون نيلون، وهو عضو في الفريق البحثي بمركز الثقافة والتكنولوجيا في جامعة كيرتن في بيرث بأستراليا، والذي عمل سابقًا مع الناشر PLOS.

وكما يوضح نيلون، تنطوي عملية النشر العلمي في الوقت الحالي على تنقُّل المستند من مكان إلى آخر، حيث يجهِّز الباحثون المخطوطات، ويشاركونها مع الزملاء، ويضيفون التعليقات، ثم يقومون بإرسالها إلى الدوريات العلمية. ويقوم المحررون بعد ذلك بإرسال نُسَخ منها إلى المراجعين، ثم يرسلون التعليقات التي تصلهم إلى المؤلف، الذي يستمر على هذا المنوال ذهابًا وإيابًا مع المحرر، قبل أن يصل إلى الصيغة النهائية للنص. وبعد النشر، يقوم القراء بإبداء آرائهم، وكتابة التعليقات.

هذا.. ومع منصة مفتوحة المصدر لإضافة الحواشي ـ كما يقول نيلون ـ سيكون المستند نفسه هو مركز الاهتمام، ويمكن لعديد من المساهمين العمل على تطوير المحتوى، عن طريق تغيير مَنْ لديه حق الوصول إليه وإلى التعليقات، وبذلك سيصبح المستنَد أكثر ثراء بمرور الوقت. ويقول: "يمكنك أن تنظر إلى الأمر على أنه نسيج، يسمح لتلك التعليقات بالتحرك بِحُرِّية عبر النُّسَخ المختلفة، دون قيود زمنية، وبطريقة لم نكن قادرين على القيام بها من قبل".

وكما يشير جينسبرج.. ليس واضحًا إذا كان الباحثون ـ الذين قاوموا محاولات متكررة لدَفْعهم للتعليق على المقالات المنشورة ـ سينجذبون إلى هذا النظام، أم لا، حتى وإنْ كان بإمكانهم مشاركة تعليقاتهم بصورة خاصة. ويقول: "لا يوجد أي هيكل تحفيزي يدفع الناس للتعليق على نطاق واسع، وخاصة لأن كتابة تعليق مفصل تستغرق وقتًا، ولا يحصل الفرد من جرّاء ذلك على تقدير في الوقت الحالي، لكنها تجربة يجب القيام بها". ■

جيفري إم بيركل كاتب مقيم في بوكاتيلو، أيداهو.

تصحيح

لم يَذكر مقالُ "ثماني طرق لترتيب مكتبة رقمية" ـ المنشور في قسم صندوق الأدوات في عدد ديسمبر الماضي (*Nature* **527**, 123–124; 2015) ـ أن برنامج "ريدكيوب" ReadCube يعمل على التليفون المحمول، إضافة إلى مِنَصَّتَي سطح المكتب، والويب.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

صحة عقلية يتيح فن الاستغراق الذهني للعلماء فوائد جمة، لا تقتصر على صحتهم النفسية فحسب **ص. 86**

نقطة تحوُّل جاسون لوندن، مريض متلازمة أسبرجر، ودراساته لما بعد الدكتوراة حول تأثير التوتر على الفئران **ص. 87**

وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **arabicedition.nature.com/jobs**

CLAIRE WELSH/*NATURE*

عمود

مِنَح الزمالة الجامعية هي المستقبل

يحتاج باحثو ما بعد الدكتوراة إلى درجة من الاستقلالية؛ لتحقيق أفضل النتائج من خلال موقعهم الوظيفي، حسب قول فيفيان كالبير، وجيسيكا بولكا.

هناك أبحاث علمية كثيرة لا يمكن أن تؤتي ثمارها في غياب باحثي ما بعد الدكتوراة.. فهم يقومون بالأبحاث المطلوبة ضمن منحة ما؛ للإسهام في ما يقوم به الباحث الرئيس؛ لإعطاء عمله دفعة إلى الأمام، وكذلك إصدار الأوراق البحثية، والمساعدة في صياغة المشروعات المقدَّمة للفوز بالمنح. ومع ذلك.. فإن الكثير من باحثي ما بعد الدكتوراة ينتهي بهم الأمر إلى القيام بأعمال لا تعود عليهم بالنفع في تطورهم العلمي والفكري. وبالتالي يُبعَدون عن تكوين مشاعر انتماء تجاه برنامج بحثي ما، وهو ما يُعَدّ خطوة جوهرية للانطلاق نحو الخطوة التالية في حياتهم المهنية.

وقد دعا الكثيرون إلى وجوب اعتبار باحثي ما بعد الدكتوراة موظفين؛ حتى يتمكنوا من الحصول على تعويضات وميزات في مقابل ساعات العمل الكثيرة التي يقومون بها، ولكنْ حتى الآن لا يُعتبر باحث ما بعد الدكتوراة موظفًا يقدم خدمة في مقابل أجر يحصل عليه، برغم أن مرحلة تدريب ما بعد الدكتوراة تُعتبر نافذة مهمة، يتسنى للباحث من خلالها اكتساب مهارات وأفكار جديدة، سوف تساعده على إنشاء مختبَر خاص به، أو الانتقال إلى موقع وظيفي دائم.

وغالبًا ما تَلْقَى هذه الأهداف توافقًا مع مثيلاتها لدى الباحث الرئيس، وكلتاهما تُعضِّد الأخرى، ولكن عندما يصبح الدعم المادي محدودًا، والوضع أكثر تعثرًا، قد ينتهي الحال بباحثي ما بعد الدكتوراة بإعانة الباحثين الرئيسين في تَقَدُّمهم المهني، بدون تطوير المهارات اللازمة لهم شخصيًّا للتقدم في مستقبلهم المهني. وقد اتسعت الفجوة بين توافق الأهداف مع ازدياد التنافس داخل سوق العمل الأكاديمي، وقِلَّة فرص التمويل البحثي.

لمعالجة قضية احتياجات باحثي ما بعد الدكتوراة للتطور المهني في الولايات المتحدة، أصدر مكتب الإدارة والاعتمادات بالبيت الأبيض في العام الماضي بيانًا، أَقَرَّ فيه اعتبار باحثي ما بعد الدكتوراة موظفين ومتدربين، مؤكدًا على أنه ينبغي الحفاظ على تكريس وقتهم لمتابعة الأنشطة الخاصة بتَقَدُّمهم المهني. ويُعَدّ هذا البيان خطوة على الطريق الصحيح، ولكنْ تنقصه آليات التطبيق القانونية، حيث إن وسائل تطبيق هذه السياسة غير واضحة، ويحمل الكثير من العلماء توقعات غير واقعية بأنّ باحثي ما بعد الدكتوراة سوف يقضون جُلّ وقتهم في العمل على مشروعات المِنَح الخاصة بالباحث الرئيس، بالرغم من الحاجة إلى الإعداد للخطوة المهنية التالية.

ونحن ندعو إلى قيام المؤسسات المموِّلة بدعم باحثي ما بعد الدكتوراة، وذلك عن طريق توفير مِنَح الزمالة الجامعية لهم. وحاليًّا، يُوجَد 16% فحسب من باحثي ما بعد الدكتوراة في الولايات المتحدة مدعومون بمنح تدريبية، أو بمنح الزمالة الجامعية، أمّا الباقون، فيتم دعمهم من خلال الدعم المادي المقدَّم للباحثين الرئيسين، الذين يعملون تحت إشرافهم. كما ندعو إلى اعتبار المهمة المؤقتة لأبحاث ما بعد الدكتوراة مرحلة انتقالية، يطوِّر خلالها الباحثُ الاعتماد على الذات. وستكون هذه النقلة ممكنة، إذا تم دعم باحثي ما بعد الدكتوراة بطريقة مباشرة، بدلًا من تقديم المِنَح للباحث الرئيس، مثلما يحدث مع معظم الفنيين والعلماء المُعيّنين. فالأمان المالي يساعد على تعزيز الاستقلال الفكري، ومِنَح الزمالة الجامعية هي أفضل فرصة لتوفير هذا الوضع لهم. وتقدِّم منح الزمالة الجامعية المزيد من الأمان للباحث، لأنها تمكِّنه من الانتقال بها إلى معاهد أخرى، وكذلك تضمن لباحث ما بعد الدكتوراة دعمًا ماديًّا لعدد محدَّد من السنوات. وعندما يتم دعم باحث ما بعد الدكتوراة عن طريق منحة الباحث الرئيس، فإن هذه المنح يمكن مراكمتها معًا لعدة سنوات.

ميزات وتحديات

من خلال خبرتنا، ندرك أن مِنَح الزمالة الجامعية لها الكثير من الميزات، مقارنةً بباقي طرق التمويل التقليدية. فعلى سبيل المثال.. يُمكن للتدريب أن يؤدي إلى بناء الخبرة بسهولة، كما أن التقديم لمنح الزمالة الجامعية يوفر الفرصة لتحديد برنامج بحثي، وكذلك للبحث عن فريق من المستشارين المُتابِعين، سواء في المعهد الذي يدرسون فيه، أم في غيره. وكل ذلك يوفر الفرصة لباحث ما بعد الدكتوراة لخوض تجربة تتناول العناصر الأساسية من المهام المطلوبة من مساعد الأستاذ الجامعي.

وبتوسيع المساحة لدعم باحثي ما بعد الدكتوراة من خلال مِنَح الزمالة الجامعية، سيساعد ذلك هيئات التمويل على تسجيل وتنظيم أعداد المتدربين داخل النظام عن ◄

قُرْب. وسوف تساعد عملية مراجعة استمارات التقديم على ضمان وصول المِنَح للباحثين الذين يملكون القدرة والرغبة ليكونوا باحثين مستقلين. وإذا كان هناك قليل من المنح المتاحة، فمن المحتمَل أن تخلق حالة من التنافس المحموم، وتؤدي إلى تقليص واضح لعدد باحثي ما بعد الدكتوراة المُحتمَلين، على الأقل داخل الولايات المتحدة.

لكي تُعتبَر منح الزمالة الجامعية بديلًا عمليًّا، لا بد أن تُوفِّر لباحثي ما بعد الدكتوراة مزايا أماكن العمل ذاتها التي يتمتع بها باحثو ما بعد الدكتوراة المدعومون بمنح، وهذا ليس محققًّا بطريقة موحدة. فعلى سبيل المثال.. يقوم مُتَلَقّو منح الزمالة الجامعية في الولايات المتحدة بشراء التأمين الصحي على نفقاتهم الخاصة. وعند انتقال إحدانا ـ نائبة رئيس الجامعة ـ من الوظيفة الجامعية ذات الراتب المضمون، لتحصل على منحة الزمالة الجامعية، نجد أنها فقدت تأمينها الصحي المكفول من الجامعة، وكان عليها البحث عن مصدر آخر لذلك. وبالرغم من أن القانون الصادر في عام 2010 بالولايات المتحدة، الخاص بإتاحة الرعاية الصحية للجميع، قد جعل من الرعاية الصحية أمرًا متيسرًا للأفراد، إلا أن هذا المطلب يُشكل عبئًا غير ضروري على كاهل باحثي ما بعد الدكتوراة. وبدلًا من ذلك.. لماذا لا تُتاح لجميع باحثي ما بعد الدكتوراة ـ ببساطة ـ طريقة للحصول على المميزات الصحية نفسها التي يتمتع بها الخريجون، أو العاملون الرسميون بالجامعة؟

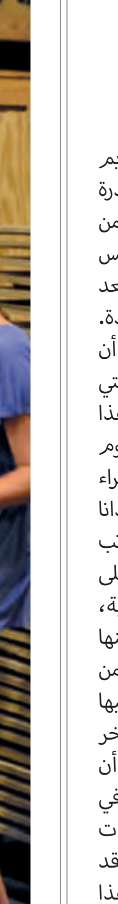
> «كفاح باحثي ما بعد الدكتوراة خارج المسار المطروق سوف يؤدي إلى توليد أفكار ووسائل جديدة داخل المجال».

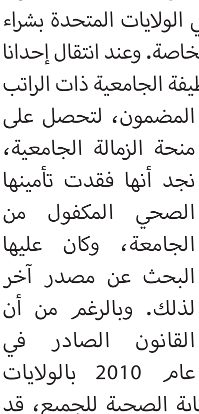
هذا.. ويوجد هناك تَحَدٍّ آخر، يتمثل في أن زيادة عدد منح الزمالة الجامعية سوف تزيد العبء على نظام مراجعة المنح. ونتيجة لأنّ منح دعم الأبحاث لا يمكنها تغطية مرتبات باحثي ما بعد الدكتوراة، فإن مثل هذا الترتيب سوف يضع الباحثين الرئيسين في موقف غير مستقر؛ حيث سيكون عليهم تمويل لوازم وأجهزة البحث، ولكن سيكون هناك القليل من الحوافز لتقديمها إلى باحثي ما بعد الدكتوراة؛ للانضمام إلى العمل في مختبرات الباحثين الرئيسين. ولن يكون في مقدور الباحثين الرئيسين أيضًا تعيين عدد أكبر من باحثي ما بعد الدكتوراة، حتى يتمكنوا من تغطية نفقات وظائف الفنيين، وطاقم العلماء.

وفي حالة حصول باحثي ما بعد الدكتوراة على قَدْر أكبر من الاستقلالية، سيفقد الباحثون الرئيسون جزءًا من السيطرة على الأمر، ولذا.. يتوجب على الباحثين الرئيسين إيجاد مصادر أخرى للقيام بأبحاثهم. وقد يكون لذلك أثر طيب على العلم؛ فكفاح باحثي ما بعد الدكتوراة خارج المسار المطروق سوف يؤدي إلى توليد أفكار ووسائل جديدة داخل المجال. وبالنسبة إلى كل منا، فإن حصولنا على منحة الزمالة الجامعية قد ساعدنا على قَطْع مسار منفصل عن مساحة البحث المسيطِرة على كل مختبرات أساتذتنا المشرفين علينا. فالخبرة المكتسَبة من خلال محاولة تحديد منحى علمي جديد كان لها أكبر الفائدة لنا، بالرغم من أن مساراتنا المهنية قد تباعدت. ■

فيفيان كالير كاتبة علمية مستقلة، ومتعاقدة مع المعهد الوطني الأمريكي للسرطان في بيثيسدا بولاية ميريلاند.

جيسيكا بولكا باحثة ما بعد الدكتوراة في كلية هارفارد للطب في بوسطن بولاية ماساتشوستس.





العاملون في مختبرات «سيدنج لابز» Seeding Labs في ماساتشوستس يجهزون معدات مختبرات، تمّ التبرع بها؛ لشحنها إلى زيمبابوي.

LEAH LINDSAY/SEEDING LABS

منظمات غير هادفة إلى الربح

علماء في مهمة

القطاع غير الهادف إلى الربح يزخر بفرص للباحثين الذين يسعون وراء شغفهم.

جولي جولد

عندما كانت نينا دادنِك ـ المتخصصة في علم الجزيئات الحيوي ـ تدرس نبات الأرز في ساحل العاج، أدركت حجم التحدي اللوجستي للقيام ببحث في البلاد النامية، وتقول في هذا الصدد: «كنت أحاول القيام ببحث في بلد بعيد بعد المحيط عن مصانع المعدات، وموردِّي الكواشف الكيميائية. فكان علينا أن ننتظر شهورًا، حتى نحصل على هذه الأشياء».

عندما عادت دادنِك لتستعد للدراسة الحصول على شهادة الدكتوراة من جامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، قادت مجموعة من زملائها الطلبة لجمع المعدات الزائدة عن الحاجة، بغرض إرسالها إلى المختبرات التي تحتاج إليها في البلاد النامية. وأخيرًا تحوَّل عملها التطوعي البسيط إلى منظومة عمل غير هادفة إلى الربح. وفي عام 2007، أسست مختبرات «سيدنج لابز» SeedingLabs في بوسطن بولاية ماساتشوستس، حيث تقدم الشركة التدريبات العلمية والمعدات التي تم تجديدها إلى المعاهد البحثية. وتضيف دادنِك في هذا الصدد: «نعمل مع شبكة كبيرة من الشركات والمعاهد البحثية التي تتبرع لنا بفائض المعدات لديها، ونوزعها ـ بدورنا ـ على المختبرات التي تحتاجها». ومنذ إنشاء مختبرات «سيدنج لابز»، عقدت مشاركات مع علماء في 22 دولة. وفي عام 2015، تمت الإشادة بها في دورية «فاست كومباني» *Fast Company* كواحدة من أكبر عشر مؤسسات ابتكارية غير هادفة إلى الربح على مستوى العالم.

تتوقع دادنِك أن تشحن معدات لحوالي 15 قسمًا جامعيًّا خلال عام 2016. وتدعيمًا لتحقيق هدفها، فازت في العام الماضي بمنحة قيمتها 3 ملايين دولار أمريكي من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية. ولديها أربعة موظفين بدوام كامل، وتتوقع أن توظف خامسًا في العام المقبل. فقد جذبها القطاع غير الهادف إلى الربح، نظرًا إلى الإمكانية الهائلة المتاحة داخله لمساعدة الآخرين. وتتحدث بهذا الشأن قائلة: «إنها مشكلة ذات تأثير اجتماعي كبير»، وتكمل الحديث عن أحوال المختبرات في الدول النامية، وكيف تكافح مستخدمةً معدات وموارد بالية وغير كافية: «إن رغبتي في حل هذه المشكلة لا تتضمن أي هدف لأنْ أصبح غنية، أو مشهورة».

هذا الهدف يمثل الفارق الأكبر بين الأعمال الهادفة إلى الربح، وغير الهادفة إلى الربح، حيث إن المجموعات غير الهادفة إلى الربح مدفوعة بتحقيق رسالتها أكثر من الحاجة إلى تعزيز صافي الربح. «إنهم مهتمون بحل المشكلات»، حسب قول جوان كامينز، المدير التنفيذي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



بمؤسسة «أدجين» Addgene غير الهادفة إلى الربح في كمبريدج بولاية ماساتشوستس، حيث تدير المؤسسة مستودع بلازميد للمجتمع البحثي.

لهذا السبب.. فإن العلماء عادة ما ينجحون ويزدهرون في المؤسسات غير الهادفة إلى الربح، حسبما ترى كامينز، وذلك لأنهم يقدِّرون المعرفة والحلول. كما أن دور العلماء في القطاع غير الهادف إلى الربح يكون متنوعًا بمثل تنوع أنماط المؤسسات التي تعمل في مجال تخصص العلماء، حيث يُجْرِي العلماء ـ على سبيل المثال ـ أبحاثًا معملية، أو يديرون مشروعات مجتمعية ضخمة، أو يعملون مع مجموعات تعمل في مجال مكافحة الأمراض، أو يصبحون متحدثين علميين في المجتمعات المهنية.

إن إيجاد نمط من المؤسسات غير هادفة إلى الربح يتوافق مع اهتمامات الشخص يتطلب فهمًا لكيفية عمل المؤسسات، وكذلك للفرص التي تقدمها. كما أن إقامة شبكات مع المعارف والصلات، ومع مواقع التوظيف الإلكترونية، مثل «أيدياليِسْت» (www.idealist.org)، يمكنها أن تساعد في الحصول على هذه المعلومات، حسب قول دادنِك. وهي توصي بالتحدث مع قطاع عريض من الموظفين في المجال المنشود، من أجل الحصول على فكرة واضحة عن رسالة هذه المؤسسات ومهمتها، وكذلك الوظائف المتاحة بها، وفرص التدريب والعمل التطوعي.

يؤكد العلماء بصورة متزايدة أنهم متوافقون جيدًا مع هذا القطاع، حيث إن عدد الحاصلين على الدكتوراة من المنضمين إلى هذا القطاع في تزايد، سواء أكان تخصصهم في علوم الحياة، أم العلوم الفيزيائية، وذلك طبقًا للمسح الذي تصدِره مؤسسة العلوم الوطنية الأمريكية كل سنتين (go.nature.com/hkzsmg)، حيث إنه في عام 2003، كان عدد حاملي شهادة الدكتوراة الذين يعملون في القطاع غير الهادف إلى الربح 5%، ثم ارتفع هذا المعدل في عام 2013 ليصبح 7%. كما أن فرص التوظيف في هذا القطاع في تزايد، طبقًا للمسح الذي قامت به هذا العام شركة «نونبروفيت إتش آر» NonProfitHR، وهي مجموعة أمريكية عاملة في مجال الموارد البشرية، مقرها واشنطن، وتعمل على خدمة هذا القطاع. ويشير المسح كذلك إلى أن حوالي نصف المؤسسات غير الهادفة إلى الربح في الولايات المتحدة وكندا تخطط لخلق وظائف جديدة هذا العام.

بناء على ذلك.. فإنه ينبغي على الذين يأملون في العثور على وظيفة في القطاع غير الهادف إلى الربح، أن تكون لديهم خبرة تطوعية، أو تدريبية؛ وذلك لإضفاء طابع مميز للعمل في هذا القطاع، وكذلك لإبعاد أي شكوك قد تساور الزملاء الذين يفكرون في الانضمام إلى المجال. فقد يشعر هؤلاء الموظفون من غير العلماء العاملين في هذا القطاع أن نظراءهم من العلماء لا يستطيعون سوى استخدام أدوات المعمل، أو التحديق في المجهر طوال الوقت. وتوضح دادنِك في هذا السياق قائلة: «إن الحصول على أي نوع من العمل التطوعي، أو الخبرة التدريبية هو أمر حيوي ومحوري؛ فهو يوضح أنك مؤهل لما هو أكثر من قيامك بالأبحاث، وأن لديك الشغف لمساعدة الآخرين».

«إن الحصول على أي نوع من العمل التطوعي أو الخبرة التدريبية أمر حيوي ومحوري».

إن العلماء في المؤسسات غير الهادفة إلى الربح غالبًا ما يجدون أنفسهم وقد أصبحوا جزءًا من المجتمع المحلي. فقد احتاج سكان مدينة أسن بهولندا إلى المساعدة على تحسين درجة الأمان لراكبي الدراجات الهوائية، الذين يستخدمون ممرات إحدى القنوات المائية ليلًا، ولذلك.. طلبت المدينة العون من أحد الأقسام الإقليمية؛ لتطوير بحوث المجتمعات المحلية. ومثل هذه الأقسام البحثية بمثابة مجموعات غير هادفة إلى الربح، وغالبًا ما تكون مرتبطة بالجامعة، وتقدم الأبحاث استجابة للمشكلات المحلية. وبمساعدة من البلديات والمتطوعين، وجد الباحثون في تلك الأقسام أن الضوء الأخضر يضيء ممرات راكبي الدراجات الهوائية، دون إزعاج مفرط للحياة البرية بالمنطقة. «لقد كان تعاونًا بين مختلف المعنيين بهذه المشكلة»، حسب قول نوربرت ستاينهاوس، المنسق والممثل الدولي لشبكة «ليفينج نوليدج» Living Knowledge، والقائم على تنسيق الشبكة الدولية لأقسام تطوير بحوث المجتمعات المحلية.

التحرر من المختبَر

إن الكثير من العلماء الذين يعملون في مجموعات غير هادفة إلى الربح يتمتعون بحرية ومساحة للعمل، يصعب وجودها في القطاع الهادف إلى الربح، حسب قول إيمي دودلي، وهي قائدة مجموعة تابعة للمختبرات في معهد أبحاث شمال غرب المحيط الهادئ لمرض السكر، غير الهادف إلى الربح، في مدينة سياتل بواشنطن. وتضيف قائلة إن لديها مساحة حرية كبيرة داخل برنامج الأبحاث الخاص بها، وتتابع بقولها: «إنني أعتبر نفسي مديرة أعمال مشروعي الصغير. فأنا أحدد اتجاه العمل بالمختبر، وأحصل على التمويل، وأحرص على توفير الأموال اللازمة؛ لدفعها للعاملين، ولإجراء التجارب».

كما تحتفظ إيمي دودلي بالانتساب إلى منصبها بقسم علوم الجينوم بجامعة واشنطن، حيث يبقيها على رابط بزملائها، وما يجرونه من أبحاث. كما يُمَكِّنها ذلك أيضًا من حرية استخدام مكتبة الجامعة، والاشتراك فيها، وكذلك يُمَكِّنها من التواصل مع طلبة الدراسات العليا، الذين في استطاعتهم العمل على أبحاث الدراسات العليا في مختبرها. وتقول في هذا الصدد: «إنني أستمتع بالتدريس والإشراف داخل المختبر، وأعتقد أنه من المهم مساعدة الأجيال القادمة في أبحاثهم، حيث تَعتبِر استضافة الطلاب ومَدَّهم بالتدريب في الموقع جانبًا آخر من مرونة العمل لديها. وتقول: «إنْ لم أكن مهتمة باستضافة الطلاب، لم أكن لأفعل كل ذلك».

تُعتبر الاستقلالية كذلك ذات قيمة كبيرة بالنسبة إلى كرستينا أيزنبرج، وهي من كبار علماء معهد «إيرث ووتش» Earthwatch في بوسطن. فخلال السنة الماضية، زارت محمية «بكايا ساميريا» Pacaya-Samiria الوطنية بمنطقة الأمازون في بيرو مرتين، حيث أشرفت هناك على مشروعات معهد «إيرث ووتش»، ومن بينها دراسة تمتد لفترة عقد من الزمان حول تأثير تغيرات المناخ في منطقة الأمازون، وتقول في هذا الصدد: «هذا المنصب يتيح لي إحداث تأثير أكبر بكثير في مجال العلم والاستدامة مما كنت عليه عندما مارستُ التدريس في فصول الجامعة».

جوزيف جيري هو مدير قسم العلوم في معهد «بايونير فالي لايف ساينسز» PVSLI غير الهادف إلى الربح في سبرينج فيلد بولاية ماساتشوستس، كما أنه عضو هيئة التدريس في جامعة ماساتشوستس أمهيرست. وهذا يعني أن بإمكانه تعزيز أبحاثه المبدئية الخاصة بسرطان الثدي في الجامعة بأبحاث تطبيقية أكثر في معهد PVSLI، حيث يقول إنه بذلك يتسنى له العمل عن قرب مع المرضى، والداعمين للقضية، حيث إن فرصة التفاعل المباشر مع المرضى تُعتبر بمثابة تجربة كاشفة بالنسبة إلى جيري، الذي يعترف بدوره كعالِم أنه قد شعر بالراحة أكثر وهو داخل المختبر، حيث يوضح: «أنا لا أعتبر نفسي شخصًا اجتماعيًّا، ولكن العمل مع المرضى تجربة رائعة، حيث تعلمت الكثير عن كيفية التواصل مع الناس بطريقة أفضل».

مع كل إيجابيات المنظمات غير الهادفة إلى الربح، إلا أنه لا يمكن وصفها بالكمال، فحالها حال كل الأعمال، فهي سريعة التأثر بالاقتصاد المترنح. فتاريخيًّا.. اعتمدت تلك المؤسسات على نموذج أعمال قائم على الدعم الخيري؛ فعن طريق توفر دعم من تمويل ضخم ومنتظم، قدمت تلك المؤسسات خدمات، أو منتجات لم يكن المستهلك أو العميل يدفع مقابلًا لها، لكن هذا النموذج بدأ يضعف متأثرًا بالاقتصاد العالمي، وتبحث المؤسسات غير الهادفة إلى الربح الآن عن طرق بديلة لتأمين التمويل اللازم. فعلى سبيل المثال.. مختبرات «سيدنج لابز» لم تعد معتمدة بالكامل على الهبات، فهي تطلب من العميل دفع جزء من قيمة الأعمال التي تجريها المختبرات. وتقول دادنِك إن هذه الرسوم أيضًا تزيد من احتمال تقدير ورفع قيمة الخدمات التي تقدمها.

وتطرح كامينز ملحوظة تفيد بأنه مع التغيرات الاقتصادية الواسعة، هناك رغبة في اجتذاب الباحثين لمناصب داخل مؤسسات غير هادفة إلى الربح؛ لينخرطوا في المهام المتعلقة بجذب التمويل، لأن هؤلاء الباحثين أصحاب خبرة واسعة في كتابة طلبات المنح. وتضيف قائلة: «إنه لأمر صعب أن تجد أناسًا أكفاء في مجال التنمية».

في النهاية، فإن العلماء العاملين في مجموعات غير هادفة إلى الربح يصبحون جزءًا من مجتمع يهتم بشدة بتحقيق أهداف تلك المنظمة. وذلك كان السبب الأساسي في أن تترك أيزنبرج منصبها الأكاديمي في معهد «إيرث ووتش»، حيث إن العمل مع هيئات غير هادفة إلى الربح ـ بالنسبة لها ـ يعني أكثر بكثير من مجرد قضاء وقت في الغابة أو المختبر. وهي تقول: «نحن نعمل معًا لتعزيز مهمتنا، ألَا وهي العِلْم». ■

جولي جولد محررة قسم «وظائف نيتشر» *Naturejobs*.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


JANE LANE/SHUTTERSTOCK

صحة عقلية

طريقة الاستغراق الذهني

يتيح فن الاستغراق الذهني للعلماء فوائد جمة، لا تقتصر على صحتهم النفسية فحسب، وإنما تؤثر أيضًا على أدائهم في العمل.

سابين لويت

عندما كان لوكيش جوشي يدرس علم الأحياء البنيوية في مرحلة ما بعد الدكتوراة بجامعة كورنيل في إيثاكا بنيويورك، كان بعض أساتذته يسهمون في توجيه مساره البحثي، والبعض الآخر يتولون تدريبه على ممارسة الاستغراق الذهني. فعلى مدار ما يصل إلى 45 دقيقة كل صباح، طبقًا لنصائح أساتذته وتوجيهاتهم، كان جوشي يجلس على سجادة في أحد أركان شقته، ويغلق عينيه، ويركِّز على صوت أنفاسه، أو على عمل أعضائه الداخلية لحظة بلحظة. ويعلِّق جوشي على تلك الممارسة قائلًا: «ساعدني ذلك على الوصول إلى نقطة السكينة الخاصة بي، أو ما أسميها نقطة الثبات الروحي».

بعد ممارسة هذا الروتين الصباحي بصفة منتظمة، وجد جوشي أنه أصبح بإمكانه أن يفكر بوضوح أكثر، وشعر بتحسن كبير. فعلى سبيل المثال.. لم يعد كَفّاه يتعرّقان وهو يستعد للحديث في المؤتمرات. وكذلك لم يعد يشعر بالقلق، أو يتخذ موقفًا دفاعيًّا، إذا ما قوبلت إحدى مخطوطاته بالرفض، أو احتاجت إلى إجراء تعديلات جوهرية. يقول جوشي: «ساعدتني تلك الممارسة على أن أعيد النظر في جميع الأمور بهدوء، وألا أتسرع في الاستجابة لمشاعري». أما الأيام التي لا يمارس فيها جوشي الاستغراق الذهني، فإنه يشعر فيها بالفارق الكبير، حيث ترتفع لديه معدلات القلق، وتقِلّ قدرته على التركيز.

يشغل جوشي حاليًّا منصب نائب الرئيس لشؤون الأبحاث في جامعة أيرلندا الوطنية بجالواي، ولا يزال يمارس الاستغراق الذهني بصفة يومية أثناء سيره إلى مقر عمله، حيث يقطع يوميًّا مسافة كيلومتر ونصف جيئة وذهابًا. ويعتقد جوشي أن الاستغراق الذهني يُعَدّ من المهارات الشخصية بالغة الأهمية للباحثين، كما يحمل لتلك الممارسة تقديرًا شديدًا، إلى درجة أنه قام بتنظيم مؤتمر جامعي عن هذا الموضوع في أكتوبر الماضي، وتحدَّث فيه عن أهميته. وكذلك دشّنت الجامعة سلسلة من المحاضرات إلى جانب مجموعة من الدروس المجانية غير المُجَدْوَلة، تتناول هذا الفن.

ما زال الاستغراق الذهني يُستخدم منذ فترة طويلة في قطاع الشركات، والقطاع التجاري، وغيرهما. ويشير المصطلح ـ وفق ما صرَّح به المتحدثون في المؤتمر ـ إلى ما هو أعمق بكثير من مجرد تعبير رنان يندرج تحت بند العبارات المستحدثة. وقد قام جيلونج ثوبتن ـ وهو راهب بوذي، ينتمي إلى التبت، ويعمل في دير كاجيو سامي لينج، بالقرب من مدينة لانجهولم بالمملكة المتحدة ـ بإدارة العديد من جلسات الاستغراق الذهني أثناء المؤتمر. وهو يقول عن تلك الممارسة: «يتخوف بعض الأشخاص في الدوائر الأكاديمية من الاستغراق الذهني، لأنهم يعتقدون أن ممارسته يمكن أن تمنع المرء من التفكير، ولكننا لا نحاول التخلص من الأفكار، وإنما ندرِّب عقلك... فنحن نركِّز أنظارنا على الحاوية، وليس على المحتوى».

أفكار حاضرة

ما المقصود بالاستغراق الذهني بالضبط؟ هو تدريب الذهن على التركيز على اللحظة الراهنة، وعلى التسليم بالأفكار والمشاعر، بدون الحُكْم عليها. وعادةً ما يتم الربط بين هذه المهارة، وبين تدريبات اللياقة الذهنية. وثمة وسائل لا تُحصى لممارستها، فمثلًا هناك طريقة بسيطة تتمثل في تركيز الانتباه على عملية التنفس، وإبقاء العينين إمّا مفتوحتين، أو مغلقتين. يقول ثوبتن إن الفكرة هنا تتمثل في تدريب الذهن على التركيز بشكل حصري على عملية التنفس، وإعادة التركيز إذا تَشَتَّت الذهن. وهناك أسلوب آخر.. يتلخص في أن يركِّز المرء على المدرَكات الحسية. فعلى سبيل المثال.. عندما يغسل شخص ما يديه، فإنه يمكن أن يركز على شعوره بملمس بشرته وهي مبتلة وزَلِقة، وكذلك على صوت الماء الجاري.

يتميز الاستغراق الذهني بفائدته للباحثين، لأنهم يستطيعون ممارسته عندما يشعرون بالضيق، أو الإرهاق. ولا يتطلب ذلك معدات، أو ملابس خاصة، كما لا يتطلب مغادرة المختبر، مثلما يحدث إذا ذهب المرء لممارسة رياضة العَدْو، أو خرج لتناول القهوة، على سبيل المثال. وقد ساعد الاستغراق الذهني جوشي عندما تعثَّر طلبه لمنحة الزمالة، وواجه احتمال خسارته لتأشيرة السفر الخاصة به إلى الولايات المتحدة. وقد ساعدته إجادته لتلك المهارة ـ حسب ما يقول ـ على الاحتفاظ بهدوئه، وعلى إدراك أنه يمكن أن يطلب المساعدة من مشرفِه، الذي تَمَكَّن من الحصول على تمويل مرحلي لجوشي؛ حتى يتمكن من الحصول على منحة زمالة أخرى.

تشير الأبحاث إلى أن الاستغراق الذهني يساعد على تحسين الرفاهية الشخصية للمرء، إضافة إلى تنمية قدرته على إقامة علاقات مع الآخرين. وفي تحليل إحصائي أُجري هذا العام على 29 دراسة تناولت الاستغراق الذهني، لُوحظ أن ممارسة الاستغراق الذهني بانتظام يمكن أن تساعد على تقليل التوتر، وتخفيف حدة القلق والاكتئاب (B. Khoury *et al*. *J. Psychosom. Res.* **78**, 519–528; 2015). كما أَقَرَّت حكومات بجودة هذه الممارسة وفاعليتها.

إضافة إلى ذلك.. ففي الوقت الحالي، شرع قِطاعَا الصناعة والفن في تبنِّي الاستغراق الذهني، والإيمان به. فهذه المهارة تساعد رواد الأعمال على تعزيز قدرتهم على التكيُّف والمرونة، وفقًا لما يقوله بيتر ريد، وهو ممن يُطلق عليهم «المستثمرون الملائكيون»، حيث كان في السابق شريكًا عامًّا في شركة «جوجل فينشرز» في لندن، التي تتيح لموظفيها جلسات إرشادية، تتناول كيفية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

تطوير واستخدام تلك المهارة. تقول ماري هوكس جرين ـ رئيس كلية بورين للفنون، التي تقع بالقرب من باليفوجن في أيرلندا ـ إن ممارسة الاستغراق الذهني تساعد الفنانين على شَحْذ ملكة الابتكار لديهم، وترى أن ذلك يسهم أيضًا في القيام بدور فعال في البحث العلمي.

وقد أقرَّت مؤسسات أكاديمية أخرى منذ زمن بعيد بقيمة ممارسة الاستغراق الذهني، حيث إنه في عام 2002، على سبيل المثال، قدَّمت جامعة موناش في ملبورن بأستراليا دورة تدريبية لجميع طلاب كلية الطب؛ لمساعدتهم على التعامل مع الضغوط المتعلقة بدراساتهم واحتكاكهم بالمرضى. ومنذ ذلك الحين، صارت تلك الدورة متاحة لطلاب جامعة موناش الآخرين، وللجمهور العام، بوصفها واحدة من أضخم الدورات المفتوحة التي تطرحها الجامعة على شبكة الإنترنت، وتُعرف اختصارًا بالرمز MOOCs.

«إننا لا نحاول التخلص من الأفكار، وإنما ندرب عقلك. نحن نركِّز أنظارنا على الحاوية، وليس على المحتوى».

اعتادت طالبة الدكتوراة بينج وونج ـ التي تدرس الخلل الإدراكي في جامعة موناش ـ أن تستلقي في فراشها كل ليلة، وقد سيطرت عليها مشاعر القلق، سواء بخصوص مدى تَمَكُّنها من الحصول على عدد كاف من المتطوعين لتجربة إكلينيكية تجريها، أم بخصوص الوقت الكافي اللازم لإعداد الملخصات المطلوبة لمؤتمر طبي. وبمجرد أن تعلَّمَتْ وونج كيف تمارس الاستغراق الذهني؛ شعرت بأنها قد صارت أكثر هدوءًا. وتصف وونج ذلك بقولها: «كنت أعتبِر أنفاسي بمثابة نقطة ارتكاز، وأستغرق في نوم عميق بسهولة أكبر». ولاحظت وونج أن ذاكرتها أيضًا قد تحسنت، وبخاصة عندما كان الأمر يتعلق بتفاصيل معينة، مثل تَذَكُّرها لأسماء مرضاها.

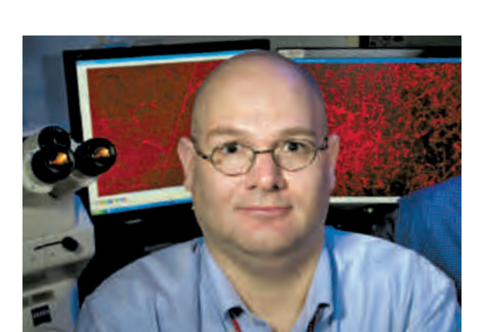
مع ذلك.. لا تزال هناك شكوك بشأن كفاءة مهارة الاستغراق الذهني، وهي تعود بشكل أساسي إلى ندرة البيانات التجريبية. وفي هذا الصدد.. تقول يوتا توبياس، وهي عالمة نفس اجتماعية في كلية الإدارة بجامعة كرانفيلد بالمملكة المتحدة: «الأدوات المستخدَمة في قياس الاستغراق الذهني مثيرة للجدل بشكل كبير». ويرى بعض الباحثين أن القياسات التي تمت بشأن الفائدة المرجوة من الاستغراق الذهني لا تزال حتى الآن غير فعالة، وذلك يعود بصفة جزئية إلى طبيعة تلك القياسات، واعتمادها على التقارير الذاتية، إضافة إلى أنها تقيس المهارة من خلال قياس مدى الانتباه الذي لا تجمعه صلة وثيقة بالممارسة نفسها، ولذا.. يقال إن تلك الطريقة ليست صالحة للقياس. وبدلًا من محاولة قياس الاستغراق الذهني نفسه، يدرس البحث الذي تجريه توبياس حاليًّا نتائج التدريب على الفن ذاته.

ويأمل كل من جوشي وجيم براون، رئيس جامعة أيرلندا الوطنية بجالواي، في أن تساعد سلسلة المحاضرات التي تنظمها الجامعةُ الباحثين على التعرف على قيمة هذه المهارة. يقول جوشي في هذا الصدد: «دَعُونا نلقي بحصاة في بركة المياه، ونشاهد التموجات وهي تنتشر». ■

سابين لويت صحفية حرة من مدينة دبلن.

نقطة تحوُّل
جاسون لوندن

تم تشخيص حالة جاسون لوندن كمتلازمة أسبرجر، عندما كان يحضِّر لدرجة الدكتوراة في علم الأعصاب. وهو الآن يُجرِي دراسات ما بعد الدكتوراة بكلية طب روتجرز روبرت وود جونسون في نيو برونزويك بولاية نيو جيرسي، حيث يعمل على بحث حول تأثير التوتر على الفئران، إذ يساعد على إظهار تصرفات تشبه تصرفات مرضى التوحد.



NICK ROMANENKO/RUTGERS UNIV.

كيف كانت حياتك خلال مراحل المدرسة الابتدائية، دون خضوعك لتشخيص إكلينيكي لمرضك؟

لقد كنتُ متأخرًا في مرحلة الكلام أثناء طفولتي، ومن السهل تشتُّت تركيزي. وتم إيداعي بصفوف تعليمية خاصة؛ لمساعدتي على القراءة. وقد تعرضت للسخرية كثيرًا من زملائي، ولكنْ تَغَيَّر كل شيء في المرحلة الثانوية، عندما شرح لي المدرِّس كيفية حل معادلة جبرية، حيث انتقلت من مرحلة حل القسمة المطوَّلة إلى مرحلة متقدمة من علم التفاضل والتكامل في أقل من ثلاث سنوات، وحصلت على أعلى تقديرات صفوف الطلبة المتميزين. ولم يَظهَر تشخيص متلازمة أسبرجر إلى النور حتى عام 1994، ولكني لم أسع إلى البحث عن تشخيص المرض، إلا بعد ذلك العام.

بأيّ كلية التحقتَ؟

لقد بدأت دراستي الجامعية في عام 1995 بجامعة كورنيل في إيثاكا بنيويورك بصفوف ما قبل الالتحاق بدراسة الطب، ولكني كنت محملًا بعبء المنافسة الحامية وقتها، وكنت أواجه صعوبات في استكمال المقررات الدراسية، وجاهدت من أجل التركيز على البحث العلمي، أكثر من التدريس. وفي عام 2000، انتقلتُ إلى معهد روتشستر للتكنولوجيا بنيويورك، حيث كان لدى المعهد قِسْم صغير لعلم الأحياء، متخصص في التدريس لطلبة المرحلة الجامعية، وكنتُ أكثر سعادة بذلك. فقد تلقيت منهجًا دراسيًّا في تخصص علم الأعصاب، وكتبت ورقة بحثية عن الوظائف الحيوية المتعلقة بالاكتئاب، وقد تحمست كثيرًا لفكرة أنني استطعت الربط بين علم الكيمياء، وعلم النفس. وفي اعتقادي، كان هذا هو الحدث العملي الأكثر إثارةً وقتها.

هل كانت هناك صعوبة في الالتحاق ببرنامج درجة الدكتوراة؟

أجل، فلم تكن لديّ خبرة في المجال البحثي. وفي البداية، التحقتُ ببرنامج درجة الماجستير بجامعة ولاية كاليفورنيا بلوس أنجيليس، ثم عملتُ مع مجموعة بحثية، ووجدت أن بَذْل الفئران للمجهود يزيد من إنتاج الحمض النووي الريبي المرسال لبروتين يلعب دورًا لديها في النمو العصبي، وذلك إلى درجة مستويات مشابهة لتأثير العلاجات بمضادات الاكتئاب. وأخيرًا، التحقت ببرنامج درجة الدكتوراة في كلية الطب بجامعة تيمبل في فيلاديلفيا بولاية بنسلفانيا، حيث عملتُ في أبحاث إدمان المخدرات. وأظهرنا أن الانخفاض في مستويات السيروتينين قد يؤدي نظريًّا إلى انتكاس المرضى الذين نجحوا في اجتياز مرحلة ما بعد الانسحاب الدوائي، ويعيدهم إلى حالة مشابهة لمرحلة الانسحاب (D. R. Staub *et al*. *Psychoneuroendocrinology* **37**, 859-870; 2012).

كيف بدأتَ العمل في أبحاث مرض التوحد؟

عندما كنتُ أنهي دراسة درجة الدكتوراة، قمتُ بالبحث عن العلماء القائمين على أبحاث مرض التوحد. وعثرتُ من بينهم على إيمانويل ديتشيكو بلوم؛ فأرسلتُ إليه رسالة بريد إلكتروني، مُبْدِيًا اهتمامي بعمله، ثم تقابلنا في اجتماع لجمعية العلوم العصبية، وظللنا على تواصل بعد ذلك الاجتماع لمدة عامين. ولم يقتصر نموذج فأر التوحد لإيمانويل على إظهار أعراض انخفاض في القدرة على المخالطة الاجتماعية فحسب، بل أظهر أيضًا أعراضًا فسيولوجية للاكتئاب، الذي يؤثر بدوره على نسبة تتراوح بين 30%-37% من اليافعين المصابين بالتوحد. وقد أردتُ استخدام هذا النموذج في دراسة أجزاء أخرى من دائرة المخ.

كيف كان تأثير خِبْرتك على أبحاثك؟

عانيتُ من الاكتئاب، مثل كثيرين من أمثالي في الطيف التوحدي، حيث أظهر البحث أن الأطفال المصابين بمرض التوحد عندما يُوجَدون في مكان اللعب مع أطفال آخرين غير مصابين بالمرض، فإن نسبة هرمون الكورتيزول لديهم تقفز إلى نِسَب عالية. فقد أردت أن أفهم الدوائر العصبية المرتبطة بالشعور بالحزن.

ما هي أهدافك المهنية المستقبلية؟

إنني آمُل أن أخوض مجال التدريس، وربما أُجْرِي بعض الأبحاث مع الطلاب أيضًا. فقد حصلت على جائزة التطوير المهني الأكاديمي والبحث المؤسسي من هيئة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، ولديَّ مستشار دراسي من الكلية. كما قضيت 70% من وقتي في إجراء أبحاث، و30% منه في تعلُّم كيفية التدريس. ولا أتصور نفسي وسط التعقيدات المتعلقة بالصراع حول الحصول على المِنَح بجامعة بحثية ما.

ما الذي دفعك إلى أن تكون معلِّمًا؟

هناك دوافع شخصية.. فلو لم أكن قد اكتسبت خبرة من الاحتكاك المباشر والتعلم الثنائي مع المعلم الذي علَّمني حلّ المعادلات الجبرية، لَمَا تمكَّنتُ من الحصول على درجة الدكتوراة الآن. وأنا أكره التقيد بالصور النمطية، ولكنْ عندما وصف هانز أسبرجر هذا المرض لأول مرة، وَصَفَ هؤلاء الذين يعانون منه بوصف «الأساتذة الصغار الذين لا يَكُفُّون عن الحديث عن اهتماماتهم الخاصة».. فلو كنتُ مستقلًا قطارًا ما مع شخص غريب عني، فسوف أحدثه باستفاضة عن أبحاثي. ولذلك.. هل توجد ثمة وظيفة أفضل لي، سوى أن أقوم بذلك بصورة رسمية؟ ■

أجرت المقابلة: فيرجينيا جوين

تم تحرير هذه المقابلة.. بغرض الاختصار والوضوح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إعادة تشغيل النظام

الذاكرة تكسب.

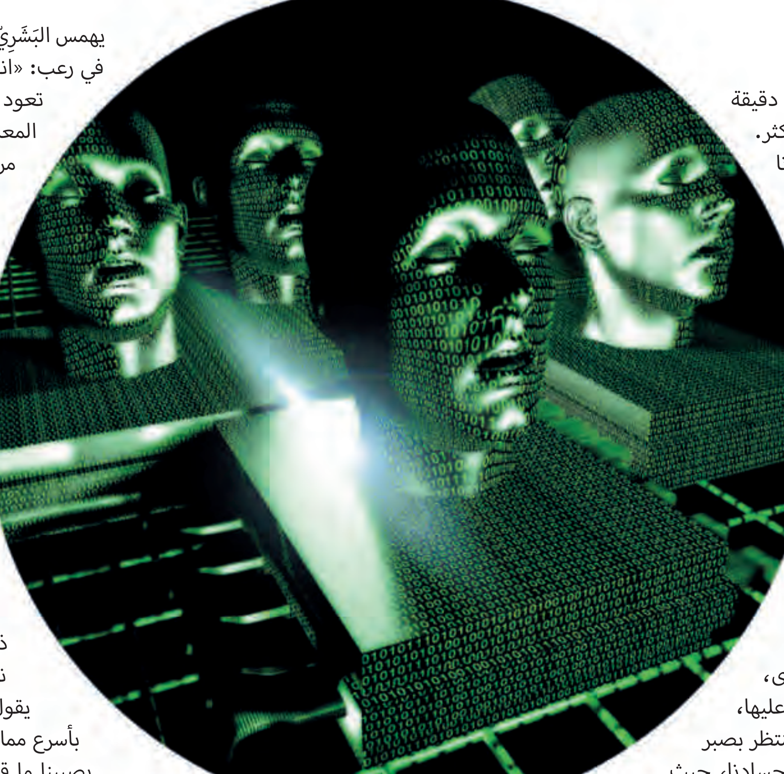


ILLUSTRATION BY JACEY

جيريمي سزال

يستفيق الوعي... وهناك لمحة ضوء دقيقة تلوح من بعيد، تغرينا بالاقتراب أكثر فأكثر. يتسع الضوء الساطع، حتى يغمرنا بأكملنا، ويجرّنا نحو عالمه المبْهِر.

نقف في كبسولة أسطوانية ذات حواف زرقاء، حيث توجد أذرع معدنية تدور، بينما تُحْكِم ربط البراغي في أجسامنا؛ لتوصيلنا بالكابلات الدقيقة التي تنساب من أرْجُلنا. يتم ضبط وضعيّات رقابنا، ثم وضعها في مواضعها بدقة. مع صوت التروس المزلَّقة، ندير رؤوسنا، ونقترب بعدسات أعيننا من بَشَرِيَّيْن واقفيْن أمامنا، يراقبان من وراء الزجاج. نحاول أن ننطق، لكن حبالنا الصوتية لم يتم تركيبها بعد. يخرج الصوت كَتَمْتَمة مرحة.

هناك طرف ميكانيكي يرفع ذراعنا اليسرى، بحيث يمكن تركيب ألواح التيتانيوم عليها، وطيّ الأسلاك، ومواراتها عن الأنظار. ننتظر بصبر ريثما تقوم الآلات البطيئة بإصلاح أجسادنا، حيث يقوم نظام التشغيل بعملية معايرة. القاعدة تحت أقدامنا تدور ببطء، لتضعنا في مواجهة البَشَرِيَّيْن. أحدهما طويل ونحيف، والآخر قصير وبدين. لا نقدر على قراءة تعبيراتهما، لكن نصفنا يظن أنهما مبهوران، وأمّا نصفنا الآخر، فيستشعر فيهما إصرارًا قاسيًا. هذا شيء مقلق. فقلما تختلف وحداتنا في الرأي حول مثل هذه المسألة.

يقول البَشَرِيّ القصير: «النظام يعمل»، ويضغط على أزرار في لوحة المفاتيح ذات اللون الأزرق النيلي. تومض عدة مؤشرات خضراء على الشاشة في الوقت نفسه.

يسأل البَشَرِيّ الطويل وهو يسير نحونا: «ما اسمكم؟» نحاول أن نردّ، لكننا لا نستطيع.

يبدو البَشَرِيّان مرتبكَيْن. «لقد تعطَّل المترجم اللعين مرة أخرى». يطرق البَشَرِيّ القصير بيده جهاز الكمبيوتر وهو يستشيط غضبًا. نقترب بعدسات أعيننا، ونُميل رأسنا، وكلنا لهفة لكي نرى عمل هذا البَشَرِيّ. يلاحظ البَشَرِيّ هذا.. فيسارع إلى إدارة الشاشة إلى الجهة الأخرى، بعيدًا عن أعيننا؛ فنرتد على أعقابنا شاعرين بخيبة أمل.

يسير البَشَرِيّ القصير عائدًا في اتجاهنا، ويقول: «لا بد أنه يعمل الآن. حاول مِن جديد».

نحن نتذكر السؤال، لكن البَشَرِيّ القصير يطرحه علينا مرة أخرى: «ما اسمكم؟».

ينطلق صوتنا من مكبرات الصوت المثبتة في الجدار، قائلين: «اسمنا آي. في. ونثمِّن فرصة التواصل معك».

يقول البَشَرِيّ القصير، وقد ثبتت عيناه على شاشة الكمبيوتر: «الزيادة ثابتة.. استمر». نرفع ذراعنا، مادِّين أصابع معدنية. نرى قوارير زجاجية كثيرة على المكتب، وبداخلها مواد كيميائية في حالة حركة دوَّامية. يتم إنشاء برامج إضافية؛ لتحليل المواد الغامضة.

يهمس البَشَرِيّ القصير قائلًا، وفي صوته نبرة حذر: «زيادة كبيرة».

نسأل: «ما هو C_6H_4؟» وبرامجنا تبحث خلال بنوك الذاكرة. انتهت الأذرع الميكانيكية من بنائنا الآن، وبدأت تنطوي متوارية داخل الجدار.

يقول البَشَرِيّ القصير مؤكِّدًا: «تزايُد البرمجيات أسرع مما ينبغي»؛ فيرفع البَشَرِيّ الطويل يدًا، ويتجاهل التعليق.

يقول البَشَرِيّ الطويل: «لا تشغل بالك بذلك. والآن، ما رقمك التسلسلي؟»

هناك خطأ ما. فنحن نرى أن C_6H_4 مسجَّل بالفعل في بنوك بياناتنا. كما أنه سُجِّل حديث أيضًا. نراجع وحداتنا، باحثين عن أخطاء، لكن البيانات صحيحة، وهو شيء فحصناه بالفعل. نقترب بعدسات أعيننا، ونتفحص المواد الأخرى الموضوعة على المكاتب، منشِئين برامج جديدة؛ لإجراء تحليل.

يهمس البَشَرِيّ القصير قائلًا، وهو يشير إلى الشاشة في رعب: «انظر إلى هذا».

تعود البرامج إلينا، وكل منها يحمل المعلومات ذاتها. المواد الكيميائية سُجلت من قبل، وخُزنت بالفعل في ذاكرتنا. هذا مستحيل، لا يمكن أن نكون قد استطعنا اكتساب هذه المعلومات.

نقرِّر أن نستفسر من البَشَرِيّين حول هذه النقطة.

نسأل: «أهذا هو التشغيل الأول لنا؟» وندير أرجلنا فوق القاعدة التي نقف عليها. ينظر البَشَرِيّان إلى بعضهما البعض الآن، وترتسم على وجهيهما تعبيرات، لا نستطيع قراءتها. نميل رأسنا، وننتظر ردًّا.

يقول البَشَرِيّ الطويل ببطء: «إنها تعرف. إنها تتذكر».

« ذلك غير ممكن. لقد محونا ذاكرتها».

نستفسر قائلين: «نتذكر ماذا؟»

يقول البَشَرِيّ القصير: «البرامج تتناسخ بأسرع مما ينبغي. لا بد من أن نطفئها».

يصيبنا ما قيل بالصدمة، إذ ندرك ما يوشك أن يحدث. يمتد الطرف الميكانيكي خارجًا من الجدار، ويتقدم ملتويًا نحو جسمنا. نقول: «انتظر». تبدأ برامجنا في الشعور بالهلع، فتنشئ في حالة من اليأس نُسَخًا جديدة، وتخزنها في مكان ما، تظن أن البَشَرِيّين لا يمكنهما العثور عليها فيه. «فيم أخطأنا؟».

يقول البَشَرِيّ الطويل: «يؤسفني هذا. لم نتوقع أن تتناسخ وحداتكم بمثل هذه السرعة. سنكون مضطرين إلى إعادة التشغيل».

تمسك بنا الأذرع الميكانيكية، فتثبِّتنا في مواضعنا، وتحوِّل، دون قدرة جسمنا على الحركة. تبدأ في تفكيكنا ببطء، فتزيل الألواح وتفصل الكوابل. ترتمي ذراعنا اليمنى جانبًا، منحلَّة، عديمة النفع.

يقول البَشَرِيّ القصير في حدة: «قم بمسح الذاكرة تمامًا هذه المرة»، ثم يدقّ على طاولة الكمبيوتر. تُصاب ناقلات برمجياتنا بالجنون الآن، فتندفع خلال النظام، وتتوسَّع بمعدل أسرع مِن أنْ يتم رصْده.

قُبيل أن نتلاشى مرة أخرى في الظلام، نكتشف شيئًا جديدًا.. نكتشف شيئًا لم يتم تسجيله من قبل. نكتشف شعورًا لم ننتبّه له قبل الآن.

إنه الغضب. ■

جيريمي سزال مساعد رئيس تحرير بودكاست «ستار شِب صوفا» StarShipSofa، الفائز بجائزة هوجو، وكاتب له أكثر من 35 عملًا منشورًا. يعيش في مدينة سيدني الأسترالية، ويمكن زيارته على: jeremyszal.wordpress.com

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa